

ESCUELA DE ARQUITECTURA
Y ESTUDIOS URBANOS
—
CARRERA DE ARQUITECTURA
—

2014

DIRECTOR TESIS I:
ARQ. FRANCISCO LIERNUR

DIRECTOR TESIS II:
ARQ. ANDRES MARIASCH

PROFESORES ADJUNTOS
ARQ. BRUNO EMMER, ARQ. RICARDO SARGIOTTI,
ARQ. GABRIEL TYSZBEROWICZ

ASISTENTES
ARQ. MARIA LUZ RODRIGUEZ. ARQ. ZELMIRA FRERS

ALUMNO
NATALI Yael LUMAINSKY

TEMA
PREFABRICACION. MADERA

 UNIVERSIDAD
TORCUATO DI TELLA

ABSTRACT

La madera cobra un nuevo sentido dentro de la prefabricación. Si ésta se trabaja en fábrica, las manipulaciones de corte sobre el material son muy precisas. Asimismo, su uso predilecto consiste en que es un material fácilmente transportable y manipulable, pero a su vez altamente sustentable. Gracias a las innovaciones tecnológicas, el aporte digital refiere al uso de las máquinas de control de comandos numéricos así como también a una nueva industria emergente.

Este proyecto toma como idea base de concepción la utilización de paneles prefabricados de madera CLT (cross laminated timber). Estos paneles están básicamente conformados por varias capas de madera laminada encoladas en forma cruzada y estos laminados deben ser siempre en número impar a los efectos de su funcionamiento homogéneo: estabilidad dimensional, resistencia y rigidez. Con estos paneles es posible construir todas las partes de un edificio, tales como estructuras y cerramientos. Se caracteriza por su rapidez constructiva ya que los paneles se ensamblan de manera sencilla utilizando anclajes metálicos.

Teniendo la prefabricación como motor proyectual, y la madera contralaminada como forma constructiva para abarcar dicho concepto, se ha optado por trabajar en el Delta del Paraná con el sistema de prefabricación CLT. Siguiendo con las formas de edificación en zonas insulares, el desafío consiste en maximizar las premisas de la prefabricación como sistema de construcción: control, repetición, duración, geografía, material, mano de obra y transporte.

PALABRAS CLAVES: PREFABRICACION / DIGITAL / CNC / CUSTOMIZACION EN MASA / MADERA / CLT / KLH / DELTA

CONTENIDOS

Desarrollo teórico	03	Sitio	39
Categorías	05	Construir en el Delta	41
Materiales	06		
Principios básicos de prefabricación	07	Proyecto	42
Insitu vs. Prefabricación	09	Plantas, cortes y vistas	45
La evolución de la prefabricación	10	Prefabricación	56
La era digital	13	Estructura	60
Casos estudiados	15	Detalles	63
Conclusión parcial	22		
		Maquetas	79
Esquicio experimental	23		
		Bibliografía	85
Material prefabricado. CLT	29		
Datos técnicos	31		
Fabricación	32		
Características materiales	33		
Beneficios del sistema	35		
Referentes	37		



DESARROLLO TEORICO_

PREFABRICACION Y HABITACION COLECTIVA

La prefabricación se asocia con la producción de elementos de construcción fuera de su destino definitivo, que luego de ser transportados, son montados. La teoría de la arquitectura ha tratado durante los últimos años diferenciar la prefabricación de la prefabricación en arquitectura¹. La primera se refiere a la historia de la industrialización, tiene tintes económicos y se encuentra ligada mayoritariamente a ingenieros e industriales. En arquitectura, la prefabricación nace de la unión de la arquitectura y la industria mediante la exploración de nuevos materiales y técnicas. De esta manera, la prefabricación lleva a la construcción tradicional fuera de sitio: permite la construcción en lugares remotos, de manera rápida y masificada. Lo que tradicionalmente se construye in-situ, comienza a suceder en una fábrica.

La vivienda es el espacio privado, un interior construido, en el que se realizan principalmente las actividades y tareas de la producción.² La búsqueda de la vivienda industrializada es una de las tareas centrales del periodo llamado 'heroico' de la arquitectura moderna, empeñada en trasladar a la construcción residencial las prestaciones tecnológicas que sus referentes arquitectónicos, el coche, el avión y el barco, mostraban como paradigmas de la eficiencia material, la eficacia espacial y la eficiencia funcional.³ Entonces, Barry Bergdoll se pregunta: si la producción industrial ha generado una revolución tanto en la producción artesanal de ropa, zapatos y electrodomésticos, entonces por qué la cultura arquitectónica es tan reacia a esta transformación?⁴

Héctor Caro reflexiona sobre esta cuestión en el contexto argentino de finales del siglo XX. *"A primera vista parecería que la industrialización de la construcción es una necesidad solo en los países altamente desarrollados y prácticamente imposible en otros, como el nuestro, donde el costo de la mano de obra es relativamente más bajo y la amortización de los equipos incide enormemente sobre la producción. No debemos olvidar que el mundo tiende a una constante elevación de los niveles de vida, que esa elevación depende de la sistematización industrial al incrementar la riqueza producida en un tiempo determinado. (...) Debemos creer que podemos y debemos dar una solución adecuada a nuestros problemas nacionales y regionales sobre la base de nuestra realidad (...)."*⁵

En este trabajo se busca analizar la evolución histórica de la prefabricación para así poder aprender de sus errores para poder formular una aproximación de la prefabricación hoy en día. Se presentarán todos los aspectos involucrados en la prefabricación, desde sus componentes hasta sus materiales, principios básicos, modos de empleo, modos de ejecución y la transformación a la que se vio implicada a través de la tecnología en los últimos años.

1. Entre estos teóricos, se encuentran Barry Bergdoll, Walter Gropius, Le Corbusier, Richard Rogers y Josep Maria Montaner.

2. Montaner, Josep Maria, Martínez, Zaida Muxi, Reflexiones para proyectar viviendas del siglo XXI en Dearq, Revista de Arquitectura de la Universidad de los Andes, Colombia, Julio, 2010

3. Terrados Cepeda, Javier, Prefabricación ligera de viviendas, Curso Fidas, 2011, p. 1

4. Bergdoll, Christensen, *Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling*, MOMA, Estados Unidos, 2008, p. 12

5. Caro, Hector, El módulo tridimensional: una forma regional de construir, en Revista Summa número 85, Buenos Aires, 1975, p. 61

Componentes, paneles y módulos tridimensionales son las categorías en las que los edificios son fabricados fuera del sitio de construcción y transportados para su posterior montaje. Resulta importante esta distinción para entender el grado de prefabricación que se está empleando.

_ Grado 1: Elemento: según material (Ej: madera, metales).

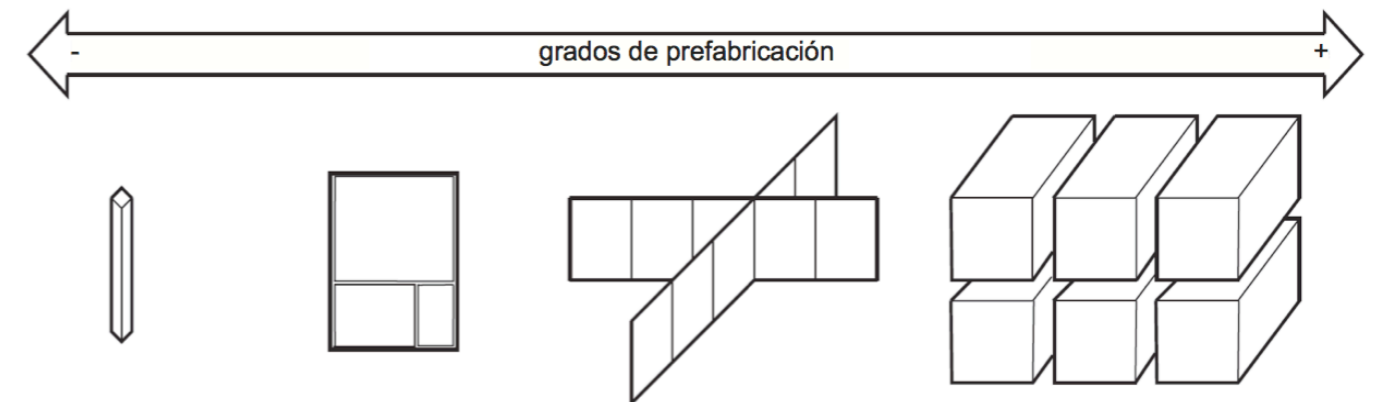
_ Grado 2: Componente: conformado a través de un conjunto

de elementos. Sus dimensiones son variables dependiendo al uso para el que estarán destinados. (Ej: Balloon frame, reticulados metálicos).

_ Grado 3: Paneles: integran varios componentes dentro de un mismo sistema, también se los denomina 'sandwich'. Incluyen mayormente estructura, protección térmica, mecánica y conexión eléctrica. Minimizan la construcción en el sitio. (Ej: SIP, MHM, KLH, steel frame).

_ Grado 4: Módulo tridimensional: conjunto de diferentes materiales que vienen juntos y resultan en su totalidad en un elemento acabado. Pueden incluir tanto componentes como paneles. La coordinación de los productos se realiza en fábrica y luego el módulo acabado es transportado. (Ej: containers)

Según Chris Abel⁶, en la actualidad los paneles y los módulos tridimensionales son los más utilizados para la vivienda colectiva debido a su flexibilidad, rapidez y facilidad de ensamblaje. Asimismo, la arquitectura se apoya cada vez más en la tecnología para ser aún más eficiente. Se utiliza el sistema BIM para obtener una contabilización precisa de los materiales, para poder estudiar la relación de componentes aún antes de construir y también para reducir los problemas de juntas, conexiones, filtraciones, etc. que puedan surgir en el terreno.



⁶ Abel, Chris, *Architecture, technology and process*, Architectural Press, Inglaterra, 2004

MADERA

Desde sus comienzos ha sido utilizada para la prefabricación, como lo demuestran los ejemplos de finales del siglo XIX de balloon frame. Con la aparición de la tecnología y la maquinaria industrializada, la madera comienza a ser cortada en diferentes formas y tamaños, así como también comienza a ser manipulada para poder crear con ella estructuras más resistentes. Ejemplos de ello son la madera contrachapada, la madera laminada y la madera prensada. Algunos de los paneles incluyen incluso capas adicionales como barreras de vapor, impermeabilizantes, instalaciones y paneles de yeso. Del mismo modo, la madera esta siendo utilizada en la prefabricación de módulos enteros, que constituyen hoy día el material principal para la industria de la vivienda para la construcción de habitación colectiva. Tiene baja toxicidad, es biodegradable, fácil de reciclar y reutilizar. La gran ventaja de la madera es que si se trabaja en fabrica, las manipulaciones de corte sobre el material son muy precisas. Asimismo, su uso predilecto para la prefabricación consiste en que es un material fácilmente transportable y manipulable. Gracias a las innovaciones tecnológicas, el aporte digital refiere al uso de las maquinas de control de comandos numéricos (CNC) así como también a una nueva industria emergente relacionada con el pre-cut. Estas maquinas tienen la capacidad de preparar, cortar y ensamblar. Algunos ejemplos son la laser-cutter, la water-cutter y la plasma-cutter.

METALES

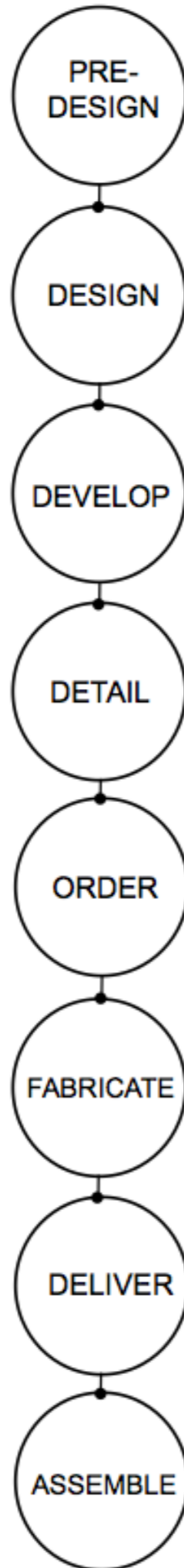
Los metales pueden ser descriptos como dúctiles, resistentes, conductores, precisos y fuertes. Sus usos son variados, se aplica tanto para uso estructural como para marcos contenedores de algún otro material. Los metales se clasifican en aquellos que tienen hierro (hierro fundido, acero inoxidable, acero galvanizado, carbón) y los que no tienen (aluminio, zinc, titanio). Los primeros, utilizados especialmente para aplicación estructural. Estos últimos no son utilizados estructuralmente, aunque empleados para revestimiento, techos, cerramientos y otras superficies expuestas al medio ambiente. Los metales usados para la prefabricación no son puros, sino que se combinan con metales nobles para poder aumentar su fuerza, resistencia a la corrosión y propiedades estéticas (se agregan químicos o se combinan los cuerpos). En la construcción metálica, cuanto más trabajo se realice en la fábrica mejor, debido a la corrosión que sufren los materiales una vez expuestos. Comparado con la madera y el hormigón, el acero resulta un material más caro pero sin embargo su tensión estructural es superior. Por su consistencia y rapidez de erección, el acero es el material mas económico y eficiente para la construcción prefabricada cuando se busca una estructura duradera, alta y con geometría variable debido a sus propiedades de tensión y compresión. Soldado con pernos, estos permiten dismantelar la estructura fácilmente, generando una posible reutilización de las piezas.

Los sistemas de construcción metálica se han visto beneficiados con la producción digital. Estos se piensan y crean en fábrica y se erigen en el sitio como un conjunto de partes. Como se trata de una construcción relativamente liviana, no necesita de fundaciones profundas. Con la prefabricación se empieza a considerar al aluminio como material estructural. Siendo liviano y durable, es utilizado para paneles y módulos prefabricados, y es capaz de ser ensamblado, transportado y montado de manera rápida. Por este mismo motivo es que los automóviles se han valido de este material así como también lo hizo la industria de guerra a la hora de hacer su armamento. El aluminio es preciso debido a su modo de cortado (se utiliza maquinaria CNC) como también cuenta con una mayor variedad en formas y perfiles seccionales.

HORMIGON

El hormigón es un material heterogéneo. Se trata de un material versátil y económico aunque requiere de mayor trabajo que los otros materiales para producir tanto paneles como módulos arquitectónicos: tanto en el sitio como en la fábrica, el hormigón se materializa mediante un encofrado (se necesita de la mano del hombre). Si el encofrado se realiza en fábrica, el hormigón no corre riesgo de verse afectado por los cambios climáticos que pueden alterar el curso del fraguado. Hoy en día, la mayor parte de la prefabricación resulta en hormigón pretensado. En el mercado industrial, existen por ejemplo las viguetas y los bloques de hormigón. El proceso de hormigonado ha mejorado considerablemente gracias a los aditivos que han ido apareciendo, desde acelerando y retrasando el tiempo de fraguado, hasta incrementando la capacidad de tensión y la durabilidad del material.

PRINCIPIOS BASICOS PREFABRICACION



CARACTERÍSTICAS A TENER EN CUENTA EN LOS SISTEMAS PREFABRICADOS DE CONSTRUCCIÓN:

_ EXPERIENCIA

_ CONTROL: costos, tiempo y calidad de producto

_ REPETICIÓN: economías de escala

_ FABRICACIÓN: diferentes grados de industrialización

_ FINANCIAMIENTO: se debe tener un plan de inversión desde un primer momento

_ DURACIÓN: los tiempos de construcción a la hora de utilizar la prefabricación se reducen notablemente.

_ UNICIDAD: mayor control sobre el producto final

_ GEOGRAFÍA: en aquellos lugares remotos difícil de acceder

_ INDUSTRIA: proximidad a los lugares de fabricación

_ MATERIAL: disminución de su cantidad de modo prefabricado

_ MANO DE OBRA: reducción no sólo de la cantidad de trabajadores sino también el tiempo de trabajo de los mismos

_ TRANSPORTE: La distancia como así también el tipo de transporte resultan de importancia

PRINCIPIOS BASICOS PREFABRICACION.

Transporte y Montaje

Para aprovechar las ventajas de la prefabricación, se deben minimizar la cantidad de piezas transportadas para reducir así la posibilidad de errores en las uniones in situ. Se deben respetar los pesos y las dimensiones de fábrica, transporte y montaje, se deben dejar estipuladas las conexiones entre componentes como también los detalles de las uniones entre las partes y un manual especificando todos los elementos que entran en juego. Los diferentes medios de transporte son:

_ CAMIÓN: preferible para el transporte de elementos prefabricados en ambientes urbanos debido a las dimensiones y complejidades de las calles. Hay que tener en cuenta el tamaño del camión a la hora de planear la entrega de las piezas prefabricadas al sitio.



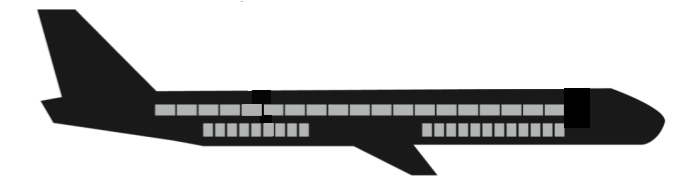
_ TREN: alternativa económica para largas distancias (dentro de un mismo continente) en comparación con el camión (más de 400km). El container se ha convertido en la unidad de medida de este medio de transporte.



_ BARCO: preferible para largas distancias en distintos continentes. Limitado por la disponibilidad de puertos y las medidas de las esclusas en el canal de Panamá. El container es la unidad de medida.

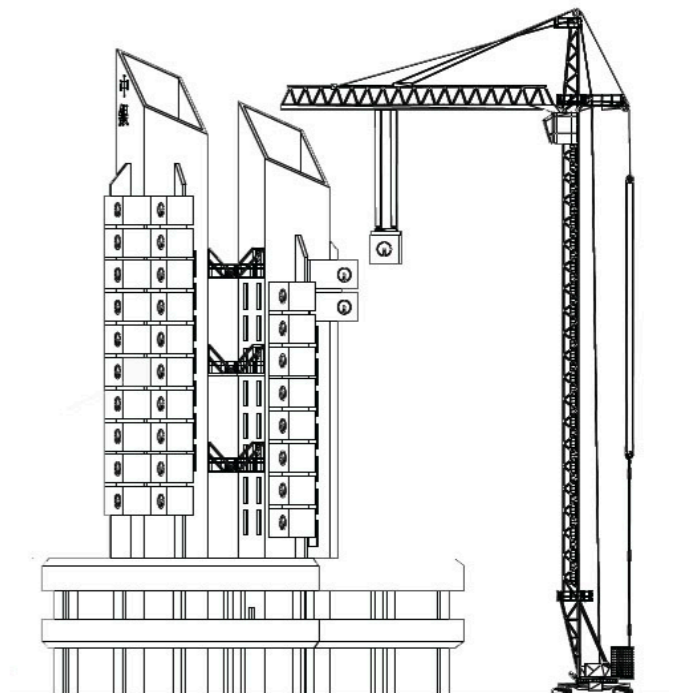


_ AVIÓN: opción más costosa para largas distancias pero puede ser necesario si el acceso al sitio es difícil de acceder mediante las otras alternativas. A su vez, las piezas prefabricadas deben ser lo suficientemente livianas y pequeñas para entrar en la zona de carga del avión.



Para aprovechar las ventajas de la prefabricación, se debe dejar estipulado no sólo el medio de transporte utilizado para el montaje sino también los detalles de las uniones entre las partes y un manual especificando todos los elementos que entran en juego. Se deben reducir al máximo las tareas hechas en el sitio de construcción. Los principios de montaje a considerar son:

- _ Minimizar la cantidad de piezas transportadas: reduce la posibilidad de errores en las uniones in situ.
- _ Fácil de manipular: pesos y dimensiones que respeten las dimensiones de fábrica, transporte y montaje.
- _ Repetición: maximizar repetición agiliza tiempos.
- _ Conexiones entre componentes: dejar las conexiones visibles a los instaladores y si es posible disponer de un manual de montaje y detalles.
- _ Utilización de softwares tridimensionales: permiten evitar cualquier tipo de error que pueda llegar a suceder en el montaje. Volver a fabricar una pieza fallada, representa un costo "imposible" para el constructor.



INSITU VS. PREFABRICACION

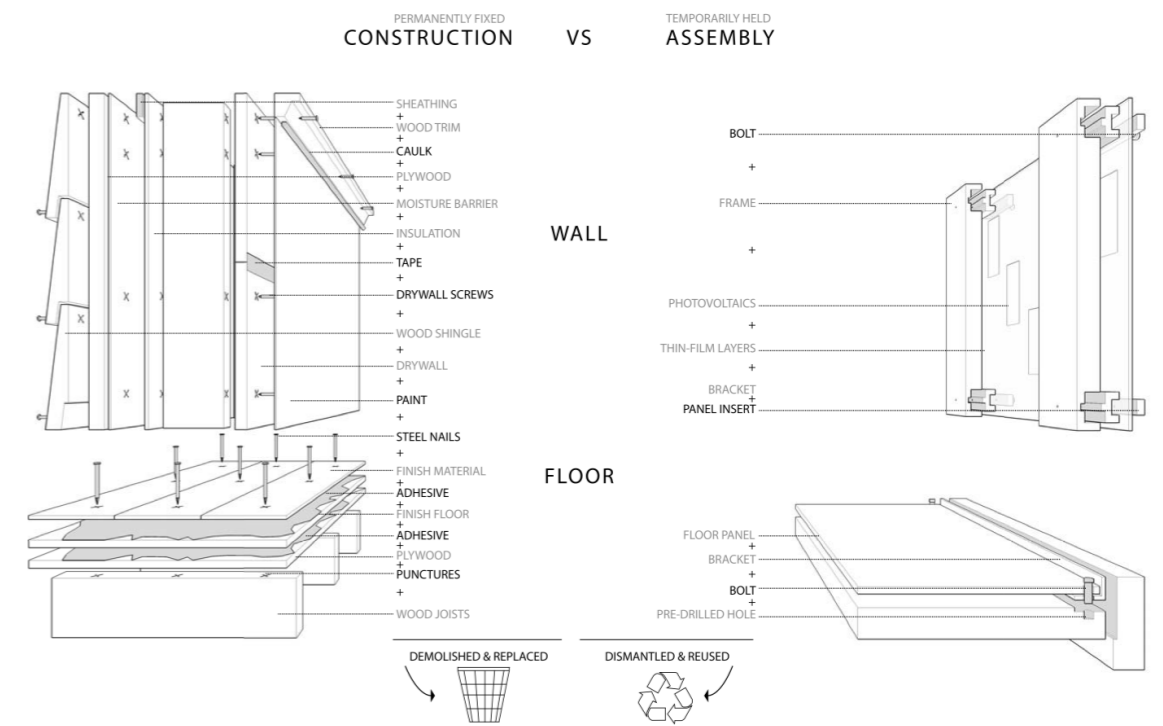
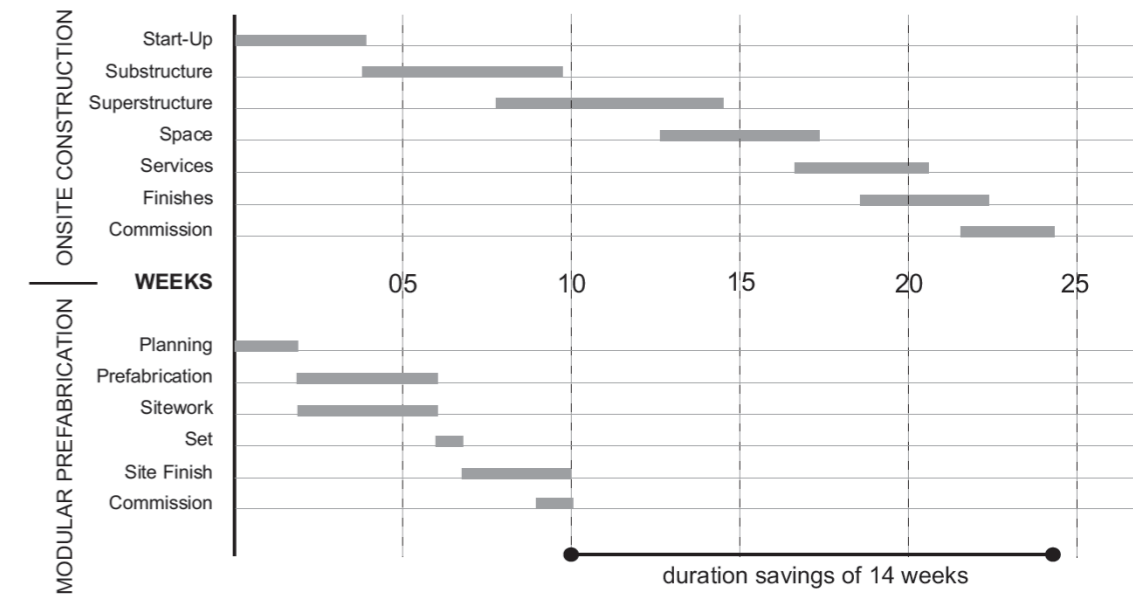
Mientras que una construcción in-situ emplea muchos materiales y procesos que eventualmente, una vez en desuso el edificio serán demolidos, las soluciones prefabricadas ofrecen el potencial de desarmar las piezas y reutilizar el material.

Con respecto al impacto de la construcción en el sitio, los aspectos que afectan a la ligereza de la huella son la permanencia de la estructura y la movilidad para la que está diseñada. Una característica fundamental es la cantidad de tierra removida para la construcción. Esto plantea la cuestión de en dónde se almacena toda esa tierra excedente. Los edificios prefabricados, por el otro lado, hacen un desplazamiento más escaso y hasta a veces nulo de la tierra, que ayuda a una rápida implementación e instalación.

La prefabricación permite agilizar los tiempos de obra ya que el proceso de construcción en vez de realizarse secuencialmente como en la obra in-situ, se realiza simultáneamente. Esto se debe a su condición industrial que no depende de condiciones ambientales, ni tiempos de vertidos, etc. sino que se reduce a tiempos de prefabricación (implica fabricación fuera del sitio), transporte y montaje.

En resumen, algunas de las ventajas principales de la prefabricación en comparación con la construcción insitu son:

- Menor cantidad de mano de obra necesitada
- Mejores condiciones de trabajo
- Menor cantidad de problemas por secuencialismo de tareas
- Menor cantidad de desechos insitu
- Menor cantidad de gastos por maquinaria utilizada
- No hay problemas por cambios climáticos
- Menor cantidad de errores cometidos
- Mayor calidad
- Agilización de los tiempos de construcción
- Optimización del material



Fuente: Smith, Ryan, *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*, Wiley, Estados Unidos, 2010.

La prefabricación es entendida a través de la práctica. La misma ha atravesado un largo camino de decepciones y éxitos. La comprensión de los casos que fracasaron nos llevan a entender lo que no ha funcionado, y nos acercan hacia aquellos ejemplos a seguir. Cada uno es único en su contexto, pero similar en las problemáticas permitiéndole a los arquitectos tomar ventaja de las premisas de la prefabricación dejando sus males atrás. La prefabricación no influyó únicamente a arquitectos, sino también a desarrolladores, ingenieros y hombres de negocios quienes en el transcurso de la historia también han desarrollado ejemplos que resultan importantes para comprender la prefabricación en la arquitectura y la construcción. Collin Davies en *Prefabricated Home* explica la importancia de la relación entre prefabricación y arquitectura es que si la arquitectura pudiera adaptarse a estas condiciones y prosperar en (la prefabricación), entonces se podrá recuperar algunas de las influencias que se han perdido en los últimos 30 años y se podrá comenzar a observar una diferencia en la calidad del ambiente construido.

Los comienzos de la prefabricación están relacionados con la historia de la colonización europea. Surge como una necesidad en el Siglo XVIII para la conquista de nuevos territorios: viviendas temporales para los soldados en los campos de batalla, iglesias para la colonización religiosa, casas de madera para la colonización de Australia y Nueva Zelanda, viviendas de estructuras metálicas para la colonización del Caribe y otras para las de África; sin perder de vista la demanda habitacional en los Estados Unidos durante la California Gold Rush. Asimismo, este sistema constructivo era utilizado por las cuadrillas de la Cruz Roja en sus misiones humanitarias. Ante el desconocimiento europeo por los territorios colonizados, la mayoría de los materiales eran fabricados en ese continente y transportados en barco a los diferentes destinos. Uno de los ejemplos más relevantes de la época es la Portable Cottage en Australia de H. Manning en 1833, casas creadas para los emigrantes colonizadores británicos, construidas de listones y paneles de madera prefabricados para ser montados en un día. Se asocia este modelo británico a los comienzos del ballon frame en Estados Unidos. Gracias a la velocidad de construcción de este sistema, fue posible la rápida construcción de la ciudad de Chicago en el siglo XIX. En la actualidad "...aproximadamente el 75 por ciento de todas las nuevas viviendas en los Estados Unidos usan este método"¹, demostrándose así el éxito de este sistema creado hace más de un siglo.

Otra contribución de la colonización inglesa fueron las construcciones en hierro, material precursor de las estructuras de acero contemporáneas. La posibilidad de producir componentes premoldeados en cantidad contribuyó al ahorro de tiempo y costes de la construcción. Empleadas en primera instancia en 1800 para la construcción de puentes y barcos, el primer edificio prefabricado que utilizó este sistema de construcción fue el Crystal Palace para la Exposición Universal de Inglaterra de 1851. En este edificio, Joseph Paxton afirmaba: "All the roofing and upright sashes would be made by machinery, and fitted together and glazed with great rapidity, most of them being finished previous to being brought to the place, so that little else would be required on the spot than to fit the finished materials together."² De esta manera, el Crystal Palace representa un caso exitoso de prefabricación ya que, considerando la época, plantea un sistema estandarizado prefabricado que permite reducir los tiempos de trabajo, así como también posibilita la creación de distintas configuraciones del pabellón.

La aparición del hierro corrugado, luego de la Revolución Industrial, permite una construcción eficiente y a su vez asequible. Teniendo un boom durante la Gold Rush, por su precio y rapidez, permite su proliferación para la vivienda hacia el Oeste de los Estados Unidos, como así también durante la Segunda Guerra Mundial y más adelante, tendrá su impronta en los edificios industriales.

1. Smith, Ryan, *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*, Estados Unidos, 2010, p.41

2. The Illustrated London News, Inglaterra, 6 de Julio, 1850, p. 13

A principios del siglo XX, con los aprendizajes de la Revolución Industrial y adoptando el *ballon frame* como método constructivo, se crea un sistema liviano de madera pre-cortada en fábrica, en donde, a través de un catálogo, cada uno podía elegir su 'kit home'. Luego del proyecto de las Alladin Houses en 1906, treinta años después Sears Catalogue Home aparece como una alternativa exitosa de vivienda prefabricada. El proyecto busca disminuir los desechos residuales en el sitio, aumentar la velocidad de construcción, mejorar la precisión y por entonces que el usuario pueda montar su casa necesitando solamente de una herramienta. El éxito de este modelo fue por sobre todo por su habilidad de ofrecer una variedad de opciones de vivienda y financiación.³ En definitiva el fracaso tanto de las Sears Catalogue Home como de las Alladin Houses fue consecuencia directa de la Gran Depresión que sufrió Estados Unidos en la década de 1920.

Muchos de los avances industriales provenientes del período de guerra en Europa, no sólo provienen de la construcción de aviones, tanques y barcos, sino también de la industria automotriz, generaron avances tecnológicos en el tema de la vivienda. El modelo fordista sustentado en la estandarización, la producción masiva y el montaje en serie es uno de los modelos más adoptados por la industria de la construcción. En 1948, Carl Strandlung, un personaje relacionado con la industria, toma el concepto del proceso automotor y crea la Lustron House, una casa de acero esmaltado que utiliza la tecnología automotriz de montaje en serie para la construcción de los paneles *sándwich* metálicos. Pero a pesar de esta novedad técnica, el problema central de este proyecto de vivienda radica en el fracaso de su plan de financiación para el que termina necesitando del estado americano. De este modo, se puede entender que la prefabricación no puede obviar el aspecto económico.

Otros personajes fuera del ámbito arquitectónico que contribuyen a la prefabricación son los ingenieros Buckminster Fuller y Jean Prouvé. Durante la posguerra, Fuller es encomendado convertir fábricas aeronáuticas en otras para la construcción de viviendas, para fomentar así el empleo frente a la crisis. Dentro de este contexto, Fuller crea la Wichita House, una casa de aluminio que utiliza los principios de la construcción aeronáutica. Prouvé, por su parte, diseña la Tropical House en 1949 para uso militar francés en territorios ocupados. En la misma, Prouvé logra minimizar el desperdicio material y maximiza los beneficios de la industrialización en la prefabricación, logrando de esta manera construir una unidad lo más ligera posible para que sea transportable. Ambas propuestas de prefabricación son competentes y técnicamente destacables. Muchos de los principios de diseño y producción en la arquitectura actual se pueden remontar a Prouvé y Fuller. Sin embargo, luego se comprueba que las mismas no funcionan en el contexto de la vivienda colectiva ya que no plantean una longevidad ni estética ni de mantenimiento. Como dice el estudio Anderson Anderson Architects, una de las lecciones que pueden ser aprendidas de todos estos intentos de producir vivienda prefabricada es que el uso de sistemas únicos de composición son muy caros para desarrollar, por lo que derivan casi siempre en un fracaso económico, a pesar de que muchas veces se trata de excelentes diseños, detallados.⁴

Segun Davies, "En la segunda mitad del siglo XX, sin embargo, la relación entre la arquitectura y la producción masiva de vivienda ha cambiado. Arquitectos parecieron perder la voluntad de cambiar el mundo con intervenciones directas y en su defecto invirtieron su fe en influenciarse de otros ejemplos."⁵ Dentro de este contexto del boom de vivienda en la época de posguerra, se inscribe el Case Study n°8 de Charles y Ray Eames quienes para 1945 crean un modelo de casa a la que denominan *off-the-shelf*. Estos arquitectos trabajaron con un fabricante industrial el cual les proveía componentes estandarizados existentes en el mercado, con los cuales crear una vivienda más accesible. Por el contrario, para Chris Abel, la vivienda no resultó ni accesible ni eficiente.

Dentro de este mismo momento, la explotación de la utopía de la prefabricación viene de la mano del movimiento *high-tech*. El grupo Archigram en los '60 crea manifiestos sobre el futuro de la arquitectura basándose en la prefabricación, como lo demuestra *Walking cities* y *Plug-In cities*. A pesar de haber sido prototipos, abrieron las discusiones sobre la prefabricación dentro de una utopía arquitectónica.

El comienzo del hormigón armado prefabricado se le atribuye a François Coignet, quien en 1894 logra crear un sistema estructural que trabaja tanto a tensión como a compresión. Sin embargo, en 1889 ya había aparecido en Estados Unidos la primera patente de edificio prefabricado mediante módulos apilables tridimensionales de Edward T. Potter. El hormigón armado es difundido mundialmente y se consolida en el emblemático proyecto de Moshie Safdie para la Exposición Universal de Montreal en 1967: *Habitat '67*. Safdie trabaja con 18 tipos de módulos prefabricados de hormigón armado con los cuales construye vivienda colectiva a partir del apilamiento de los mismos, generando no sólo unidades de vivienda, sino también espacios intermedios (vacíos) que construyen la vida en comunidad. Esto trajo como problemática que el espacio privado suponga 1,5 del espacio público, lo cual no permitía



Sears Catalogue Home



Tropical House



Wichita House

3. Arieff, Allison, Burkhart, Brian, *Prefab*, Gibbs Smith, Estados Unidos, 2002

4. M. Anderson, P. Anderson, *Prefab Prototypes: site specific design for offsite construction*, Princeton Architecture Press, Estados Unidos, 2007

5. Davies, Collin, *Prefabricated Home*, Reaktion Books, Inglaterra, 2005, p.35

sacar suficiente rentabilidad del suelo.⁶ Otra cuestión fue que los módulos resultaron demasiado pesados para transportarlos y localizarlos, y a su vez, habían demasiadas variaciones haciendo más difícil su fabricación y el costo final superó lo esperado. El arquitecto Paul Rudolph afirma que “La elección de material de Safdie fue el problema debido a su dificultad de fabricación y montaje.”⁷ Rudolph toma esta crítica para crear Oriental Masonic Gardens en 1971 en Estados Unidos, un proyecto de vivienda modular en el cual apila 148 viviendas móviles de ladrillo prefabricadas. Paul Rudolph lo denomina “El ladrillo del siglo XX”, para Home Delivery, “This statement remains provocative on two levels, the first being the notion that the building module, aka ‘the brick’ is something that could be inhabitable and not merely constructive (...); the second is the suggestion that architects must scale up building density to meet housing needs.”⁸ Por otro lado para Ryan Smith este proyecto ha sufrido una gran monotonía y esto junto a las dimensiones repetidas en masa, generó más un ghetto que un vecindario industrial vibrante.⁹

Kisho Kurokawa crea para 1972 la Torre Cápsula Nakagin en Tokio. Se trata de módulos tridimensionales prefabricados de hormigón armado que se ‘enchufan’ a uno de los dos núcleos de circulación centrales y conectores del edificio. De la misma manera en que se pueden ‘enchufar’ estos módulos, Kurokawa piensa en la posibilidad de que se puedan extraer e intercambiar según las necesidades de los usuarios. Este ejemplo, conceptualmente, resulta novedoso ya que intenta adaptarse a los diferentes modos de vida individuales. Sin embargo, el mismo termina siendo aún más estático que otros proyectos, por los costos que significaría mover o renovar los módulos.

Contemporáneamente a estos últimos proyectos, Richard Dietrich construye en 1972 Metastadt - Bausystem, un edificio de vivienda colectiva en Alemania que propone resolver las problemáticas de los proyectos presentados anteriormente, desarrollando un sistema estructural basado en un reticulado metálico con juntas flexo-resistentes que permiten una mayor flexibilidad del edificio para crecer según las necesidades, así como también un fácil montaje y desmantelamiento de la estructura. Desafortunadamente, debido a fallas técnicas debido a mala aislación y goteras, Metastadt fue demolida a principio de 1980.¹⁰ Todos estos proyectos resultan relevantes ya que demuestran el interés de los arquitectos durante el siglo XX de involucrarse en la construcción de vivienda colectiva y no concentrarse únicamente en la vivienda unifamiliar.

En 1930, la aparición de los containers revoluciona el comercio internacional. Hoy en día, casi la totalidad de la logística se desarrolla mediante containers en barcos, trenes y camiones. El exceso de los mismos da como resultado la posibilidad de aplicar en la arquitectura los módulos inutilizados. Un ejemplo de su uso a gran escala es visible en el proyecto para residencias estudiantiles temporales en Amsterdam diseñada por Architectenburo JMW y construida por Tempohousing en 2006: Keetwonen. Utilizando containers provenientes de China, el equipo de arquitectos diseña tanto los módulos de baños y cocinas como las conexiones para el ensamblaje. El proyecto estaba planteado para ser temporal hasta encontrar un terreno definitivo, pero hoy en día se pospuso su relocalización hasta 2016, impactando en una zona altamente urbanizada de Amsterdam, y no preparada para esta densidad de vivienda.

La crisis del petróleo de 1973, genera una disminución en la producción de viviendas construidas. Durante los siguientes 15 años se construye en Europa tan sólo el 50% de lo habitual.¹¹ Paralelamente, el derrumbamiento del Ronan Point en 1968, en Londres, supone un freno para la prefabricación en altura. Dentro del mismo contexto, las posibilidades tecnológicas de la prefabricación re-direcciona sus innovaciones hacia la construcción de edificios públicos: escuelas, hospitales y oficinas con elementos en forma y calidad impensadas.

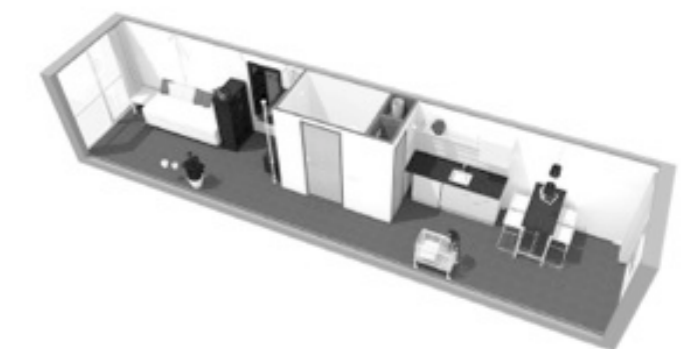
Según Montaner, “en la sociedad post-industrial se ha pasado de la tecnología mecánica de los motores a la tecnología intelectual de la información, el conocimiento codificado y el micro-procesamiento (...) los técnicos y profesionales son los sectores que se convierten en cruciales.”¹² Asimismo, Hitchcock dice que “hoy la arquitectura ya no está tan en manos de los ingenieros como lo estuvo, a pesar de los muchos pronósticos pesimistas u optimistas. Por otra parte, la calidad arquitectónica, distinta de la ingeniosidad técnica, de las obras de los grandes ingenieros, es a menudo tan notable como la de esos edificios de ciertos arquitectos en que denomina los principios de ingeniería”¹³



Habitat 67



Torre Capsula Nakagin



Keetwonen

6. V. Gomez Jauregui, *Habitadite: viviendas modulares industrializadas*, Informes de la Construcción vol. 61, España, 2009, p34

7. Ryan Smith, *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*, Estados Unidos, 2010, p. 35

8. Bergdoll, Christensen, *Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling*, MOMA, Estados Unidos, 2008, p. 154

9. Ryan Smith, *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*, Estados Unidos, 2010, p. 35

10. Almulla, Ahmed et al, *Prefab city: A compendium of strategies for prefabricated building techniques in urban environments*, Tesis Northeastern University, Estados Unidos, 2010, p. 106

11. Gomez Jauregui, V., *Habitadite: viviendas modulares industrializadas*, Informes de Construcción vol.61, España, 2009, p. 34

12. Montaner, Josep María, *Después del movimiento moderno: arquitectura de la segunda mitad del siglo XX*, GG, España 2009, p.178

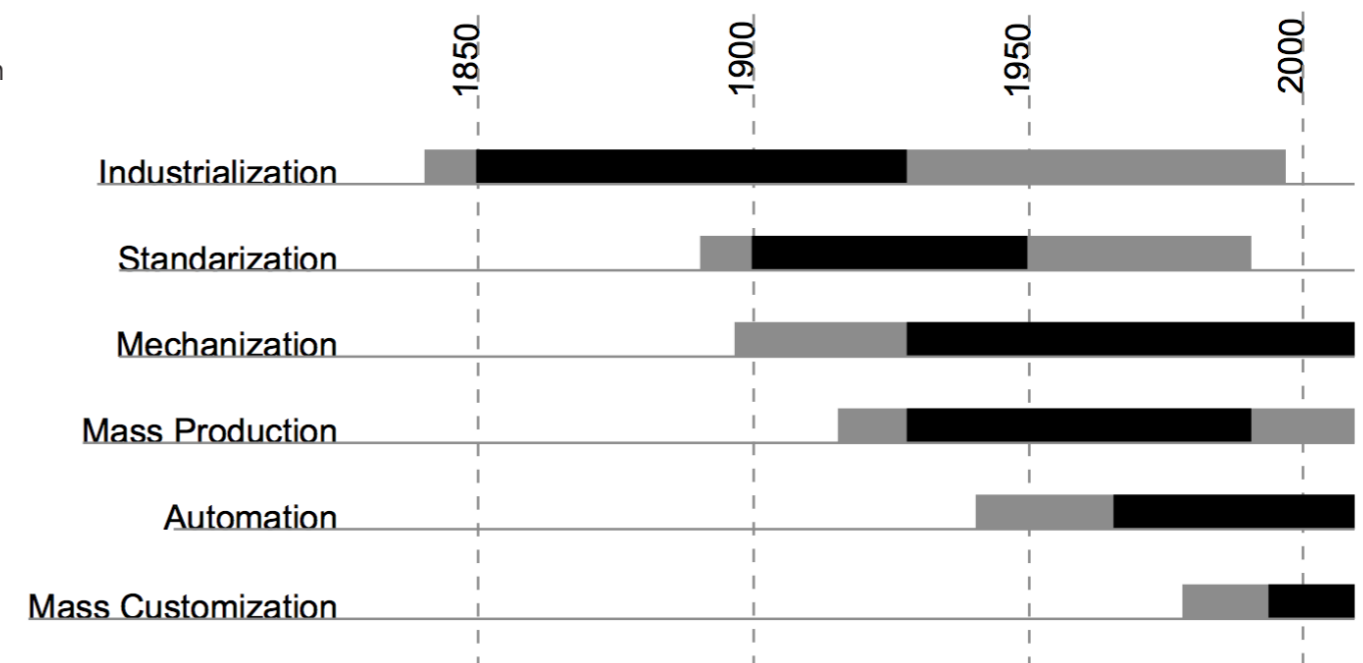
13. Hitchcock, Henry-Russell: *Architecture: Nineteenth and Twentieth Centuries*, Penguin Books, Nueva York, 1958, p. 620

La prefabricación, el proceso de construir en una fábrica, está íntimamente relacionada con el modelo fordista de producción masiva. Sin embargo, Chris Abel explica que hoy en día los métodos de construcción han superado la estandarización y la economía de escala a través del uso de la tecnología digital. Los sistemas CAD-CAM (Diseño asistido por computador/Fabricación asistida por computador) y BIM (Modelado de Información para la Construcción) han permitido un incremento de la prefabricación en la arquitectura: *“Project teams need to look above Fordist mass production mentality of set lengths, widths and material specifications; they need to look beyond economy of means (larger quantities lead to greater economy), beyond the assumption that unskilled laborers to produce affordable building components, and beyond the idea that assembly line production to facilitate speedy and efficient production methods. Today’s post-Fordist technology suggests not the standardization of building components but customization, utilizing digital information to automate machines, such as CNC, to produce infinitely diverse outputs.”*¹⁴

La automatización digital tiene el propósito de ‘imitar’ la labor humana mediante una máquina de control de comandos numéricos (CNC) permitiendo crear geometrías complejas. Hasta 1990, esta tecnología era limitada en términos económicos, sin embargo, hoy en día, con las constantes innovaciones tecnológicas, el CNC resulta accesible para la sociedad en su conjunto. Estos métodos no sólo aceleran los procesos de construcción, sino que permiten geometrías anteriormente impensadas como también reducen costos, impacto ambiental y tiempos de producción.

Con la era digital resulta importante hacer una distinción entre los conceptos de las tecnologías de producción tal como lo hace Ryan Smith en su libro Prefab architecture: a guide to modular design and construction: industrialización, estandarización, mecanización, producción masiva, automatización y personalización en masa.

- _ Industrialización: concepto relacionado con la Revolución Industrial. Marca un cambio económico y social a partir de una conciencia sobre las virtudes de la máquina.
- _ Estandarización: resultado de la industrialización, más prevalentemente relacionado con la producción militar, se han desarrollado estándares para la producción.
- _ Mecanización: se trata de llevar la estandarización a la economía de escala, mediante la introducción de procesos mecánicos desarrollados durante las guerras, valiéndose de los avances de las maquinarias, fue posible reducir la mano de obra.
- _ Producción masiva: pensando mayormente en la economía de escala, tiene como propósito de producir la mayor cantidad de productos con el fin de bajar el costo unitario y de esta manera satisfacer la demanda del consumidor.
- _ Automatización: el desarrollo digital de la información para la producción con máquinas que trabajan desde la informática, con los procesos de control numérico (CNC) y los programas CAD-CAM.
- _ Personalización en masa: este concepto reúne a la producción masiva con la automatización para generar una economía de alto alcance. Se maximizan los beneficios de ambos conceptos, pero también se intentan reducir los costos laborales, pero a la vez preservar los beneficios de la variabilidad y la personalización en el resultado final.



Fuente: Smith, Ryan, Prefab architecture: a guide to modular design and construction, Wiley, Estados Unidos, 2010.

14. D. Buntrock, Japanese Architecture as a Collaborative Process: Opportunities in a Flexible Construction Culture, Spon Press, London, 2002, p.105

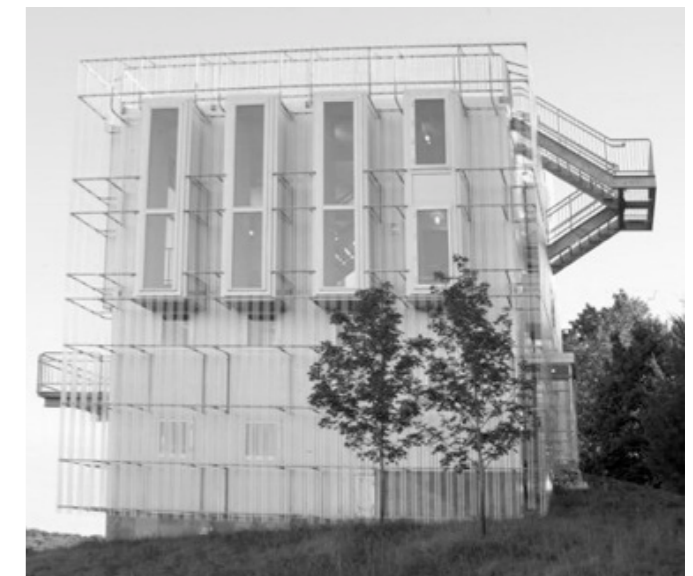
Kieran y Timberlake difieren de Smith en la definición de personalización en masa, prefiriendo hacer uso del término 'personalización'. Para ellos esta palabra resulta más apta para describir las distintas configuraciones personalizadas que determinada consumidor sin sacrificar la eficiencia, efectividad y valor del producto industrializado.¹⁵ A su vez, Chris Abel introduce un nuevo término: 'personalización automatizada'. Afirma que es más preciso este para describir la personalización masiva, alegando que describe mejor el cambio de la producción frente a la era digital.¹⁶ Dentro de este momento se inscriben diversos proyectos que resultan relevantes ya que utilizan la prefabricación tanto en el interior como el exterior y aprovechan su capacidad para producir arquitectura innovadora sumando al usuario en el proceso de proyección. El estudio Kieran Timberlake se vale de la tecnología para integrar en su proceso de diseño al cliente, al ingeniero y a los fabricantes. En su libro *Refabricating Architecture* intentan transformar la construcción de la arquitectura basándose en la aplicación de sus teorías sobre la prefabricación, buscando nuevos materiales, procesos y productos. La Loblolly House alzada en Estados Unidos en 2007, constituye un prototipo del proceso y producción de la vivienda prefabricada. Diseñada a través del sistema BIM, luego fue transformada al sistema CAD por el estudio Bensonwood para ser fabricada y montada en el sitio. Sin embargo, la problemática de la colaboración de estos dos estudios es la traslación que se hace del modelo Revit (3D) de los arquitectos al modelo CAD (2D) de Bensonwood. Esta dificultad es superada en la construcción de la Cellophane House en 2008, fabricada en el marco de la exposición *Home Delivery: fabricating the modern dwelling* del MOMA. En este ejemplo, se toman las ideas de la Loblolly House, se utiliza su mismo material (aluminio) pero se trabaja de principio a fin con el sistema BIM, pudiendo utilizarlo tanto para la fabricación como para el montaje del producto. El estudio inglés Waugh Thistleton utiliza en el año 2010 el sistema CLT (Cross laminated timber, creado por la empresa austríaca KLH), una nueva interpretación del panel de madera multilaminado. Se utilizan estas placas laminadas de madera maciza para la construcción del edificio de vivienda Stadhaus, en Londres (es el ejemplo construido más alto de madera). Esta empresa austríaca, a parte de proporcionar el material, trabaja con la más alta tecnología de fresado CNC, aportando flexibilidad en la producción así como también una prefabricación de calidad.

Hitchcock reflexiona "si dentro de la confusión de novedades de los años 1950 y 1960 se encuentran las distintas semillas a partir de las cuales se desarrollará la arquitectura de finales del Siglo XX y del XXI (...) ¿Podemos esperar, quizá hacia el año 2000 un movimiento inmanente que sea a la vez una síntesis de las muchas innovaciones estilísticas y técnicas precedentes y una vuelta al menos a alguno de los principios de la fase 'alta' anterior (...)"¹⁷

A partir del análisis de casos de prefabricación contemporánea, pudimos detectar que la reflexión de Hitchcock en 1981 cuando escribe *Arquitectura de los siglos XIX y XX* sigue vigente: los materiales constructivos utilizados en la primera mitad del siglo pasado se reinventan en la era digital. Por ejemplo, el aluminio utilizado por Fuller es retomado por sus beneficios estructurales, ligereza y resistencia, de la misma manera que Kieran y Timberlake lo retoman para hacer nuevos paneles modulados que son fácilmente montables y transportables debido a su peso y ligereza. Las posibilidades del hormigón armado se ven maximizadas en el edificio Wolverhampton de O'Connell East Architects en Londres en el 2010 (se consigue alcanzar el edificio prefabricado más alto de Europa), y también en el edificio Iceberg del grupo CEBRA en Dinamarca en 2012. La construcción en madera, que en sus comienzos fue utilizada para viviendas para emigrantes en territorios conquistados, se ha impuesto en el siglo XXI como una forma constructiva altamente manipulable por la maquinaria digital. Se reinventa el material con el KLH así como también se retoma una vez más el concepto detrás de las pre-cut houses americanas, con la Chameleon House de Anderson-Anderson architects en Michigan en el 2006 y con la LV House de Rocío Romero. En el caso del acero, la ilusión del Crystal Palace ha llegado a los límites impensados con una torre de 838 metros de altura construidos en tan sólo 90 días: la Sky City One de Broad City Group en Shanghai en 2013.



Stadhaus Murray Grove



Chameleon House

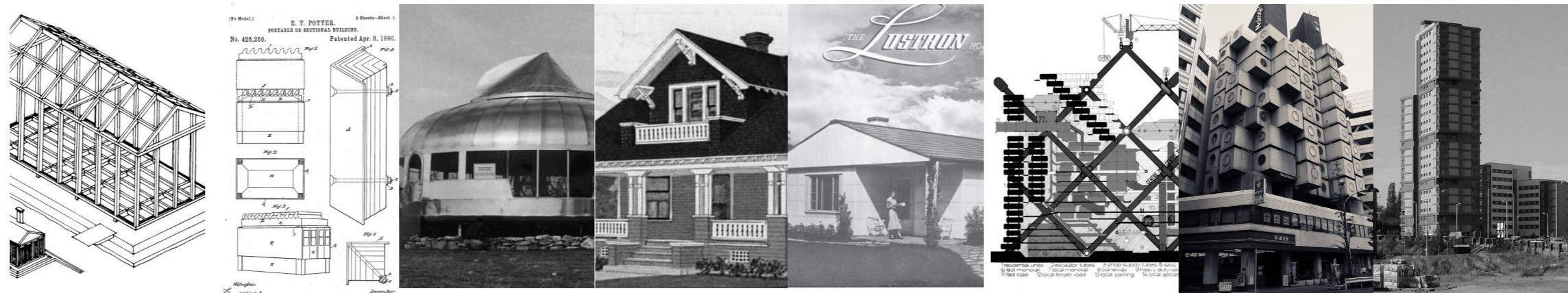
15. S. Kieran and J. Timberlake, *Refabricating Architecture*, McGraw-Hill, New York, 2003, p. 80

16. Chris Abel, *Architecture, technology and process*, architectural press, Inglaterra, 2004, p. 9

17. Hitchcock, Henry-Russell: *Architecture: Nineteenth and Twentieth Centuries*, Penguin Books, Nueva York, 1958, p. 626

CASOS ESTUDIADOS

1833	1889	1927	1940	1948	1964	1972	2009
H. Manning	Edward T. Potter	Buckminster Fuller	Sears Roebuck & Co	Carl Strandlund	Peter Cook	Kisho Kurokawa	Fleming/vision
Colonial for emigrants	Cottage sistema de módulos apilables	Dymaxion House (prototipo)	Sears Catalogue EEUU	Lustron Homes EEUU	Plug-in city (experimental)	Nagakin capsula Japón	torre-Wolverhampton Inglaterra



1845 revolución industrial	1848-1855 Gold Rush	1914-1918 I.G.M	1929-1930 Gran Depresion	1939-1945 II G.M			1973 crisis del petróleo	1989 Caida del Muro
-------------------------------	------------------------	--------------------	-----------------------------	---------------------	--	--	--------------------------	---------------------



1851	1923	1934	1947	1953	1967	2005	2013
Joseph Paxton	Gropius, Meyer	Alvaró Aalto	Buckminster Fuller	Jean Prouvé	Moshe Safdie	City Council	Broad Group
Crystal Palace	Baukasten (prototipo)	AA Houses	Wichita House	Tropical house (prototipo)	Habitat 67	Keetwonen	Sky City Group
Inglaterra		Finlandia	EEUU		Canada	Holanda	China

Portable Colonial Cottage for emigrants

Obra: Portable Colonial Cottage for emigrants

Autor: H.Manning

Fecha: 1833

País: EEUU

Programa: vivienda unifamiliar

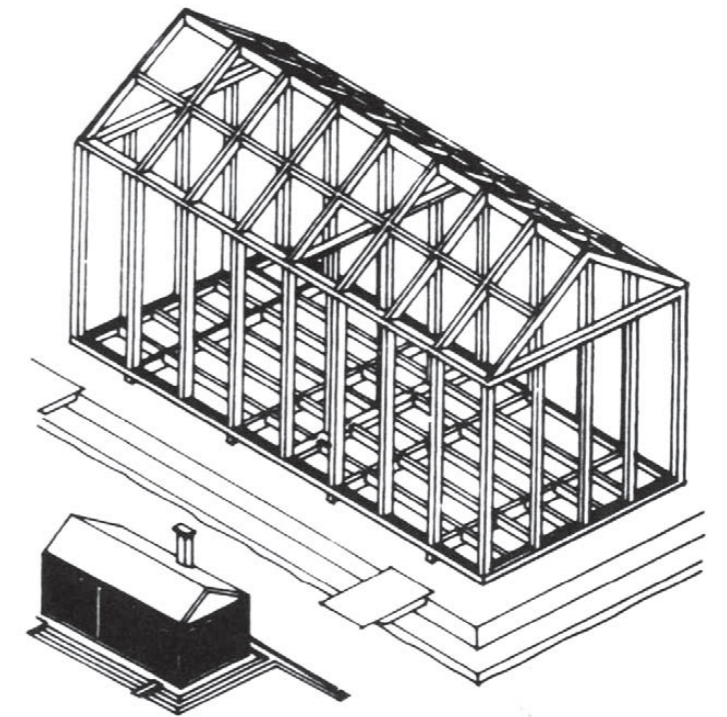
Tipo de construcción: listones y paneles de madera

Descripción: la estructura consiste de una simple estructura de postes de madera adheridas a una platea de madera continua y que a su vez sostienen un techo triangulado. Varios paneles de medida estandarizada son clavados al marco estructural. Buscando facilitar el transporte y la construcción, las piezas pueden ser transportada por un solo hombre. Diseñada por el carpintero Manning para su hijo que emigraba a Australia, es considerada el primer prototipo para lo que será luego la primera casa prefabricada patentada. La misma fue replicada y comercializada.

Fabricación: taller carpintería de Manning en Inglaterra

Transporte: barco de Inglaterra al Oeste de Australia (16000 km)

Comentario: Manning ha conceptualizado una rigurosa estandarización y coordinación, aún años antes que la prefabricación exista como concepto: cada parte está hecha de las mismas dimensiones, esto es que todos los elementos (paneles, postes y platea) son respectivamente de la misma longitud y espesor. Con ello busca evitar los errores como también la pérdida de tiempo a la hora del montaje.



Sears Catalogue Homes

Obra: Sears Catalogue Homes

Autor: Sears, Roebuck & Co.

Fecha: 1908-1940

País: Estados Unidos

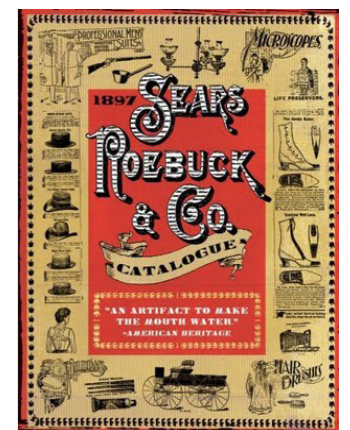
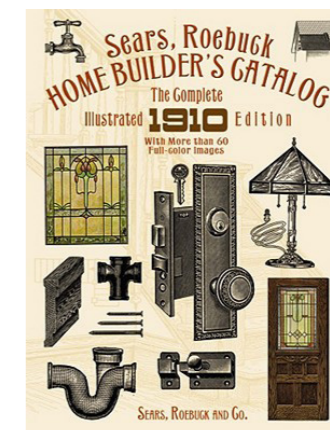
Programa: vivienda unifamiliar

Tipo de construcción: pre-cut balloon frame system

Descripción: la estructura de balloon frame utiliza piezas estándar de madera pre-cortadas. Se implementan novedosamente los paneles de yeso, tejas de asfalto y mallas metálicas. También, se introduce la instalación eléctrica y la calefacción central por primera vez en la vivienda. Publicados 445 modelos, el usuario contaba con la posibilidad de personalizarlas, intercambiando los apliques, acabados y mobiliario. Transportadas en tren y luego en camiones como un kit de partes, prometían una entrega por correo, así como los planos para el ensamblaje total.

Transporte: de Illinois al resto de Estados Unidos. Vagones de ferrocarril.

Comentario: las casas eran construidas en fábrica de manera masificada y sistematizada. La empresa desarrolla un sistema de financiamiento e hipotecas, lo que les permite vender más de 100000 casas. Su quiebra se debe en gran medida a las consecuencias que trae la crisis de 1929.



Wichita House

Obra: Wichita House

Autor: Buckminster Fuller

Fecha: 1944

País: EEUU

Programa: vivienda unifamiliar

Tipo de construcción: estructura metálica

Descripción: Fuller perfecciona los elementos con los que desarrolla previamente al Dymaxion House en 1944. El principio estructural es un mástil central del que salen tensores que sostienen aros metálicos. De los mismos se adhiere la piel exterior: paneles de aluminio remachados. Los servicios se ubican en el centro de la vivienda y el resto de los espacios se va dividiendo radialmente. Fuller aprovecha la tecnología aeronáutica de la fábrica y somete al prototipo a estudios de vientos.

Fabricación: utilizando tecnología aeronáutica en la fábrica *Beech aircraft* en Wichita, Kansas

Transporte: camión (peso: 2700kg)

Montaje: 1 día (con 6 personas)

Comentario: Luego de la publicación del prototipo, Fuller recibe muchos pedidos pero debido al fanatismo de este ingeniero por perfeccionarla, la empresa colapsa antes de comenzar la producción. Se demuestra que la Wichita House no estaba pensada para su reproducción.



Maison Tropicale

Obra: Maison Tropicale

Autor: Jean Prouvé

Fecha: 1949-1951

País: Francia

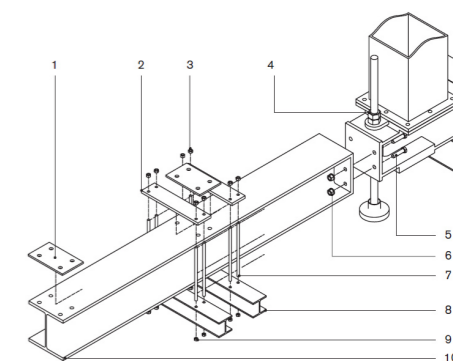
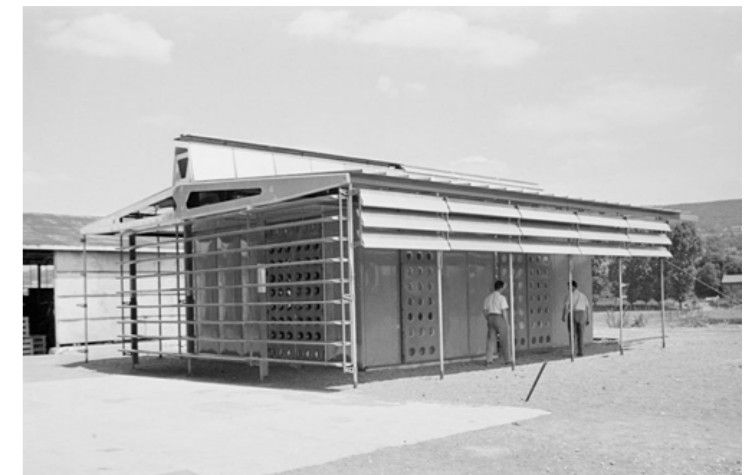
Programa: vivienda unifamiliar civil

Tipo de construcción: estructura metálica modular portable

Descripción: sistema de construcción de metal ligero adaptable a cualquier sitio y función, aunque pensadas para ser transportadas a las colonias francesas en África. Intenta mostrar la posibilidad de construir colonias "modernas" tan sólo con un número limitado de componentes metálicos estandarizados.

Transporte: de Francia a África en barco. Todos los elementos son planos para facilitar así su empaquetamiento (en containers) y transporte como también el esfuerzo de montaje.

Comentario: la vivienda funciona con refrigeración y ventilación natural. Hay parasoles móviles que controlan la filtración solar y dirigen la ventilación hacia donde es necesaria. La vivienda consume poca energía no solo por sí misma sino que también se ha consumido poca a la hora de construcción y fabricación de los materiales. El suelo suspendido que se encuentra por encima de la base hecha in-situ proporciona aislamiento y ayuda a controlar la humedad. A pesar de ser un diseño paradigmático, sus clientes eran indefinidos y resultaba más caro que la construcción local.



The Lustron Home

Obra: The Lustron Home

Autor: Carl Strundlund

Fecha: 1948

País: EEUU

Programa: vivienda unifamiliar

Tipo de construcción: paneles sándwich metálicos

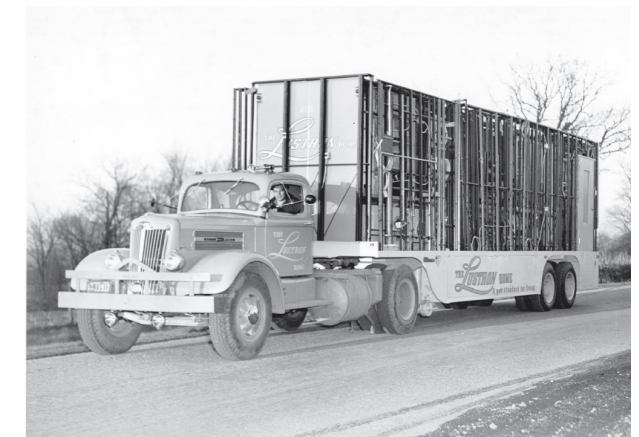
Descripción: "El esqueleto de la casa está realizado en steel frame, soldados en fábrica paredes y vigas de la cubierta. Paneles de acero con acabado de porcelana recubren la cubierta y las paredes exteriores e interiores. Encimadas entre sí, están adheridas al marco metálico con tornillos ocultos. Entre los paneles se encuentra un aislante térmico que permite crear un recinto hermético. Esta construcción total en acero provee gran durabilidad y resistencia.", Lustron Corporation Fact Sheet, 1950

Fabricación: línea de montaje (utilizando el sistema de H.Ford para la construcción del Modelo T)

Transporte: camión desde la fábrica en Chicago a todo EEUU

Montaje: 2 semanas (300 a 400hs para montado de la estructura, 40hs para la plomería, 25hs para la instalación eléctrica, y 16 horas para ubicar las baldosas)

Comentario: a pesar de haber producido 2498 ejemplares, el problema central de este proyecto radica en el fracaso de su plan de financiación para el que termina necesitando del estado americano.



Habitat '67

Obra: Habitat '67

Autor: Moshe Safdie

Fecha: 1962-1967

País: Canada

Programa: vivienda multifamiliar

Tipo de construcción: módulos tridimensionales de hormigón prefabricado

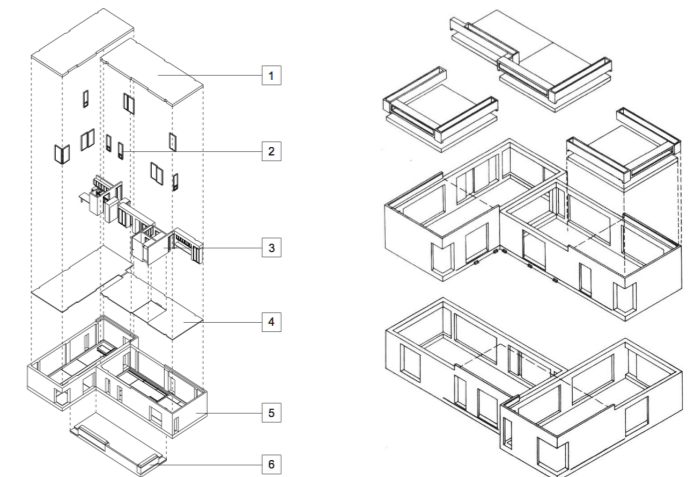
Descripción: Safdie trabaja con módulos prefabricados de hormigón armado los que empareja según tipos y luego apila para generando espacios intermedios (vacíos) que construyen la vida en comunidad. La agrupación de los módulos se organiza de acuerdo a calles internas y 3 núcleos de circulación.

Fabricación: 365 elementos prefabricados de hormigón armado con los cuales constituye 158 tipos de módulos

Transporte: camión desde la fábrica y luego apilados con grúas

Montaje: primero se emparejan los módulos, se ubican las instalaciones, los solados, paredes internas, el baño y por último se ubican las losas superiores.

Comentario: los módulos resultaron demasiado pesados para transportarlos y localizarlos, y a su vez, habían demasiadas variaciones haciendo difícil su fabricación y el costo final superó lo esperado. A su vez, el espacio privado supone 1,5 del espacio público, lo cual no permitía sacar suficiente rentabilidad del suelo.



Torre Capsula Nakagin

Obra: Torre Cápsula Nakagin

Autor: Kisho Kurokawa

Fecha: 1968-1972

País: Japón

Programa: vivienda multifamiliar y oficinas

Tipo de construcción: cápsulas de hormigón prefabricado

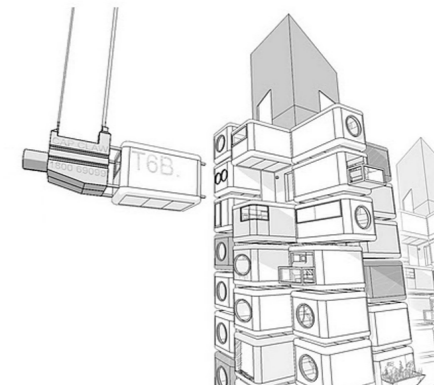
Descripción: edificio concebido de dos componentes, una superestructura de hormigón armado que contiene los núcleos verticales y 144 cápsulas modulares "enchufables". Estas se anclan a 4 puntos de la estructura para facilitar su reemplazo o cambio de ubicación. La estructura, realizada in-situ, esta concebida como un helicoide fácilmente alterable que permite adaptarse a los cambios tipológicos del edificio. Cada cápsula, prefabricada, está construida por una estructura metálica que sostiene las viguetas de hormigón armado. Cada cápsula incluye baño, cama e instalaciones.

Fabricación: en la fábrica Tsuruga de containers

Transporte: en camión desde Tsuruga a Tokio, Japón(500km)

Montaje: las cápsulas son montadas con grúas de manera inmediata a la estructura creada previamente in-situ.

Comentario: el edificio fue diseñado para maximizar su flexibilidad. Sin embargo, la cápsula es tan compacta y sus espacios tan predeterminados que no permite personalización alguna por parte del usuario.



Metastadt-Bausystem

Obra: Metastadt-Bausystem

Autor: Richard J. Dietrich

Fecha: 1965-1972

País: Alemania

Programa: vivienda multifamiliar, oficinas y locales comerciales

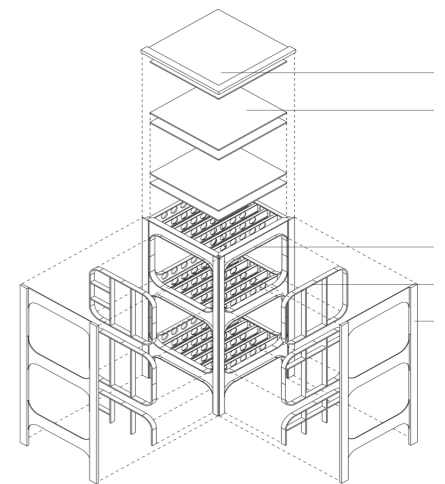
Tipo de construcción: paneles metálicos y estructura de acero modular

Descripción: dentro de sus estudios sobre la re-densificación de los centros de las ciudades, Dietrich propone este complejo de vivienda colectiva prefabricada. El mismo presenta un reticulado metálico con juntas flexo-resistentes que permiten una mayor flexibilidad del edificio para crecer según las necesidades, así como también un fácil montaje y desmantelamiento de la estructura.

Fabricación: en OKAL, fábrica de prefabricados alemana

Montaje: cada uno de los módulos reticulados de acero eran montados y luego se agregaban los paneles metálicos no estructurales, como a su vez los solados y cubiertas.

Comentario: resulta interesante como en el contexto de la posguerra en Alemania, Metastadt propone una nueva tipología de complejo habitacional con servicios comunes que fomentan el sentido de comunidad. Desafortunadamente, debido a fallas técnicas debido a mala aislación y goteras, Metastadt fue demolida a principio de 1980.



Keetwonen

Obra: Keetwonen

Autor: Architectenburo JMW y Tempohousing

Fecha: 2006

País: Holanda

Programa: residencia para estudiantes y locales comerciales

Tipo de construcción: módulos tridimensionales a base de containers de acero

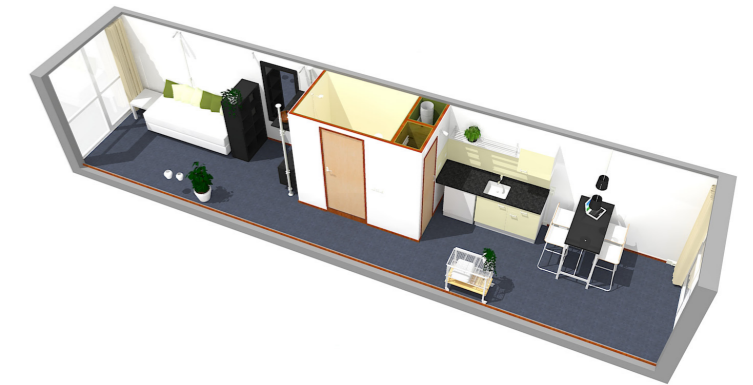
Descripción: consiste en un conjunto de vivienda de 5 pisos, creado a partir de 1000 containers. El equipo de arquitectos diseña tanto los módulos de baños, balcones y cocinas como las conexiones para el ensamblaje. También se creó una terraza común que unifica todos los módulos para lograr la eficiente evacuación de aguas pluviales y proporcionar aislamiento para los containers debajo.

Fabricación: containers standard que luego son manipulados según indicaciones de los arquitectos en otra fábrica cercana china.

Transporte: en barco desde China a Rotterdam y luego en camión a Amsterdam.

Montaje: consiste en la simple apilación mediante grúas por la empresa Tempohousing.

Comentario: las unidades fueron diseñadas para ser relocalizadas porque el terreno iba a cambiar de uso en el futuro, pero debido a su éxito esto fue pospuesto creando un impacto no previsto en la zona.



Chameleon House

Obra: Chameleon House

Autor: Anderson Anderson Architects

Fecha: 2006

País: EEUU

Programa: vivienda unifamiliar

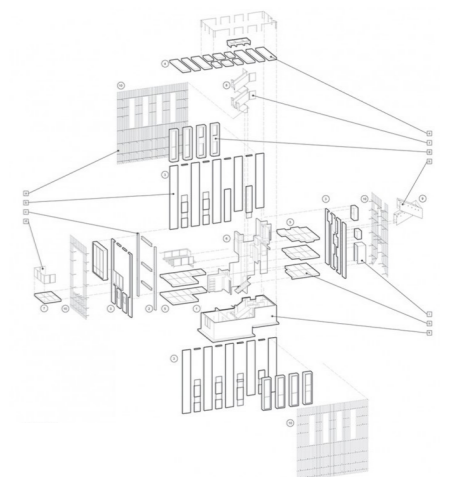
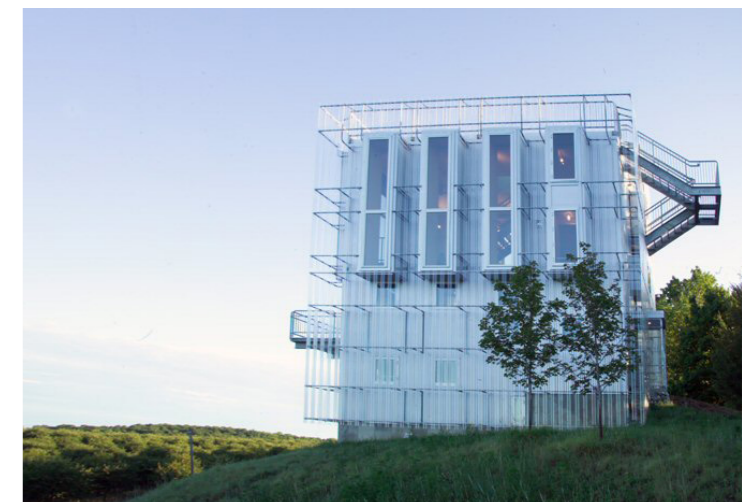
Tipo de construcción: paneles de madera SIP (paneles térmicos estructurales)

Descripción: consiste en un volumen único hecho a partir de paneles SIP de madera. La segunda piel está lograda mediante el uso de una estructura de aluminio que sostiene una capa de polietileno reciclado que refleja el paisaje natural. Además, la misma funciona estructuralmente para soportar los esfuerzos laterales de los vientos.

Fabricación: se puede construir en fábrica de 6 a 8 semanas gracias a la utilización de materiales industriales presentes en el mercado y el uso de maquinaria CNC para las aberturas en los paneles.

Montaje: el montaje se realiza en este orden: fundación, marco metálico, paneles en las paredes y cubiertas, solados, paredes interiores, pantalla de polietileno.

Comentario: la doble fachada crea un microclima al rededor de la estructura que resulta sustentable para ahorrar energía.



Cellophane House

Obra: Cellophane House

Autor: Kieran Timberlake

Fecha: 2008

País: EEUU

Programa: vivienda unifamiliar

Tipo de construcción: híbrido entre "kit-of parts" y paneles sandwich de aluminio

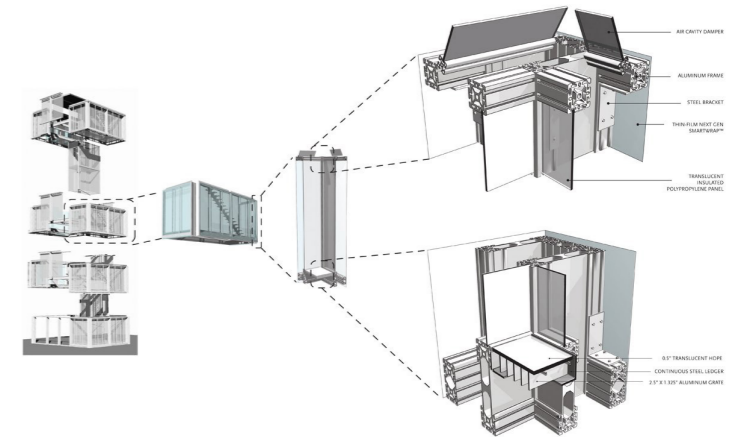
Descripción: construida para la exposición de casas del MOMA: Home Delivery, fabricating a modern dwelling. La Cellophane House consiste de bloques en el frente y el contrafrente del edificio salvando las luces con estructura de perfiles de aluminio. Los paneles de la fachada son de polipropileno con aislante translúcido y un film plástico con células fotovoltaicas.

Fabricación: se fabrica en 3 meses gracias al uso de tecnología BIM para precisión y al uso de productos 'off-the-shelf' de Kullman Buildings Corp.

Transporte: camión desde las fábricas en Nueva Jersey a una parcela cerca del MOMA, NY.

Montaje: montado de los módulos por piso, duración total: 16 días

Comentario: posee estrategias sustentables muy efectivas como la fachada inteligente con la cual se comprueba que la energía del sol y la energía reflejada pueden abastecer la climatización de la vivienda. A su vez, la resolución estructural permite crear plantas susceptibles de futuras ampliaciones.



Stadthaus

Obra: Stadthaus Murray Grove

Autor: Waugh Thistleton Architects.

Fecha: 2009

País: Inglaterra

Programa: vivienda multifamiliar

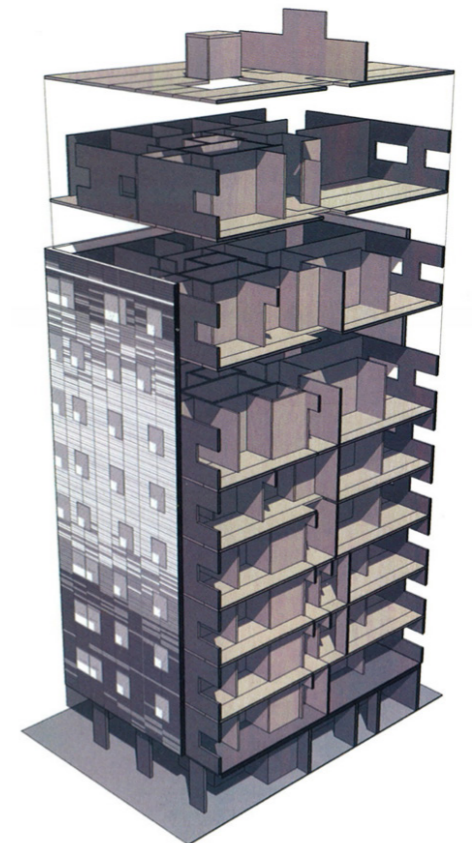
Tipo de construcción: paneles estructurales de madera KLH

Descripción: primer edificio que utiliza paneles laminados de madera (compuesto de Abeto y pegado con un adhesivo no toxico) prefabricados, incluyendo los vanos correspondientes y las vías internas para el paso de instalaciones. Las cargas estructurales, al ser llevadas por los paneles internos, liberan cargas excesivas sobre otros muros permitiendo también agrandar los locales. Esta flexibilidad permite plantas diferentes en pisos sucesivos.

Fabricación: KLH, empresa austríaca

Montaje: 4 carpinteros montaron las 8 plantas estructurales en 27 días. Al llegar los paneles, eran colocados y fijados. Edificio terminado en 49 semanas.

Comentario: pensando en la sustentabilidad y en reducir la carga de carbono, buscan construir con la menor cantidad de materiales. La madera de desperdicio es convertida en combustible para suministrar energía a la fábrica y al pueblo local. Asimismo, estos paneles pueden ser desmontados fácilmente y usados como fuente de energía al final de la vida útil del edificio.



A pesar de encontrar en la prefabricación muchas razones por las cuales es conveniente utilizarla, hay que tener siempre en mente que este modo de construcción no puede ni debe ser utilizado en cualquier situación.¹⁸

Cuando la prefabricación se apoya demasiado en el proceso de fabricación, como hemos visto anteriormente, ha llegado a producir edificios monótonos. Cliente, contratista, fabricante, diseñador y arquitecto deben colaborar íntimamente para utilizar la tecnología apropiada a la hora de producir arquitectura.¹⁹ Cada proyecto tiene un cliente, un lugar geográfico y un contexto laboral en donde debe operar, y nunca se puede perder de vista ninguno de estos tres conceptos porque sino, derivaría en un puro capricho estético.

Como dice, Sir Richard Rogers durante una conferencia en el año 2000: *“cuando empezamos a pensar seriamente en la casa prefabricada, todos han saltado diciendo que conduciría a la monotonía. Yo digo que ofrece un modo de construir casas verdaderamente imaginativo y excitante”*.

18. Gomez Jauregui, V., Habidite: viviendas modulares industrializadas, Informes de la Construcción vol. 61, España, 2009, p. 41

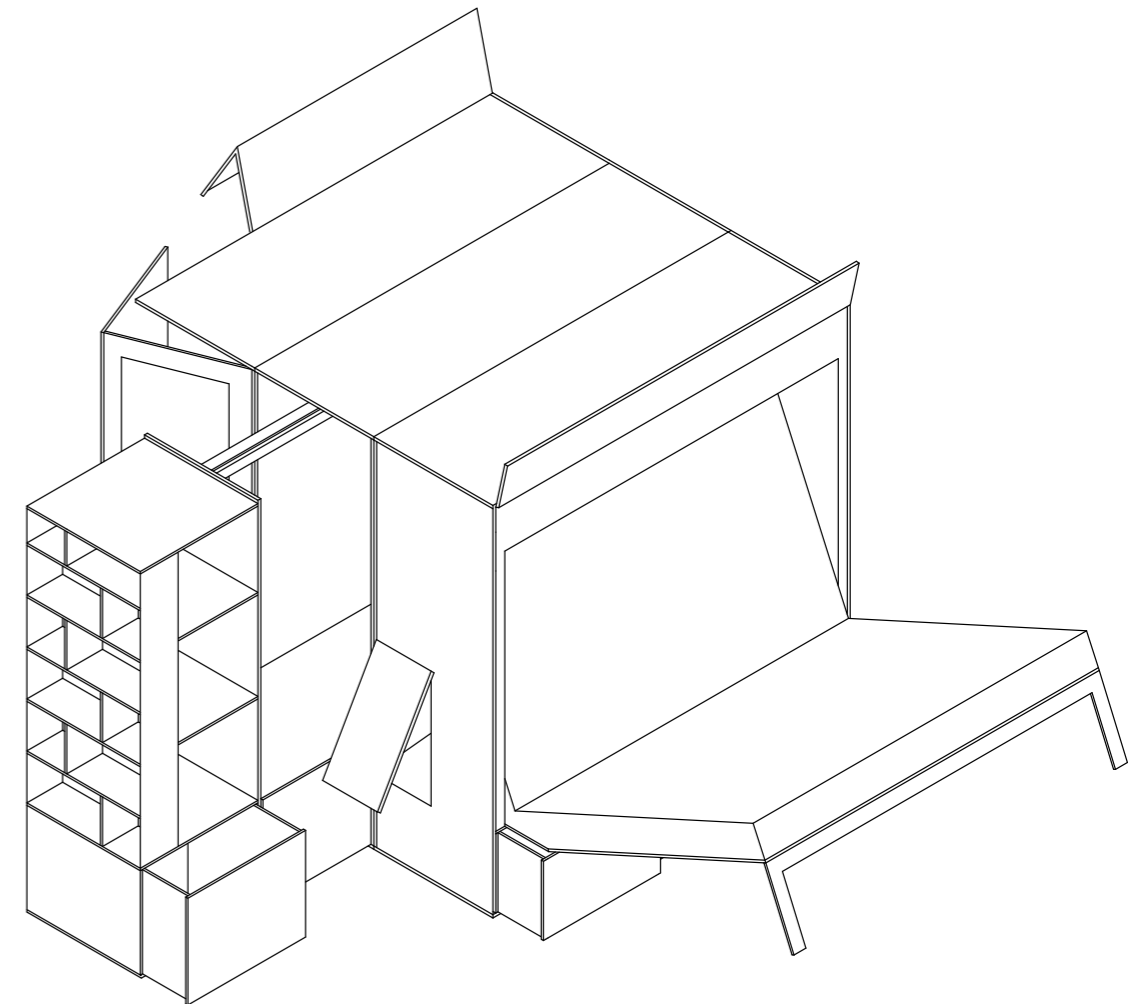
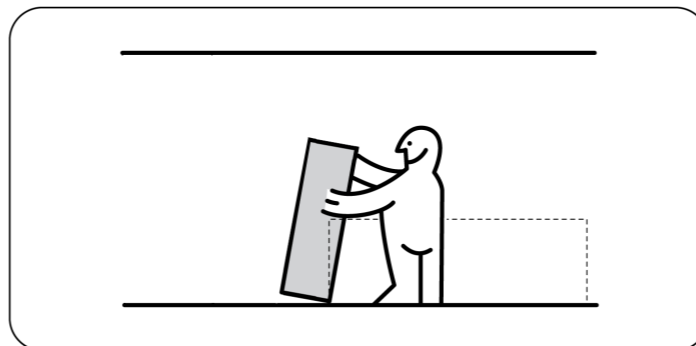
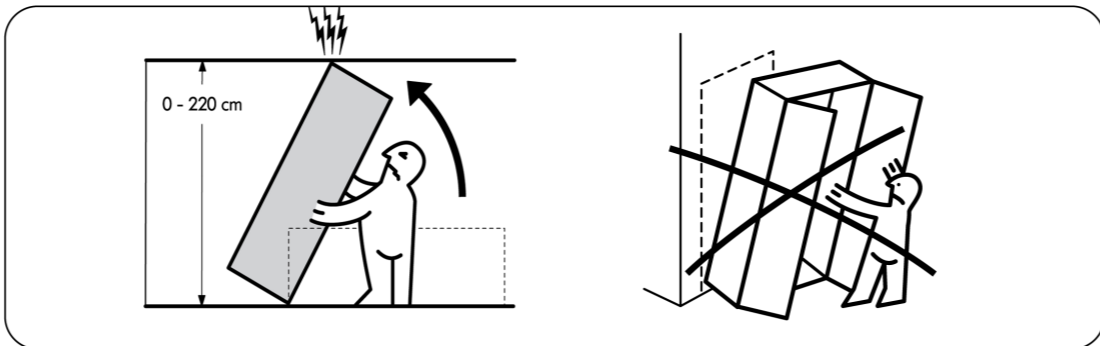
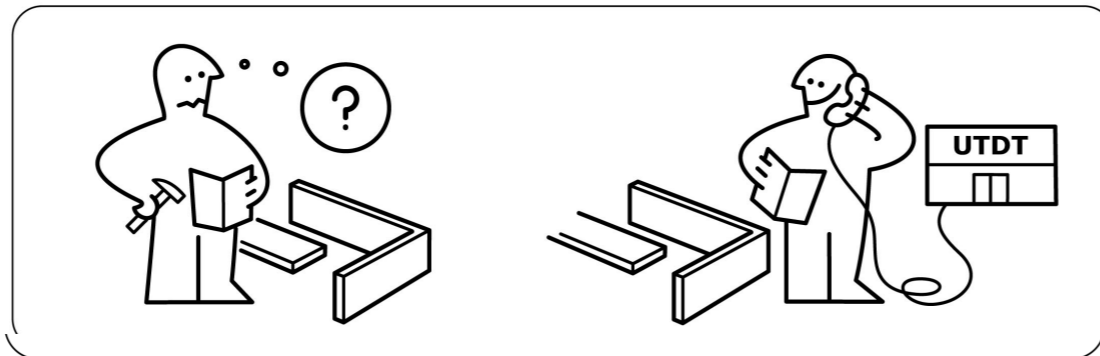
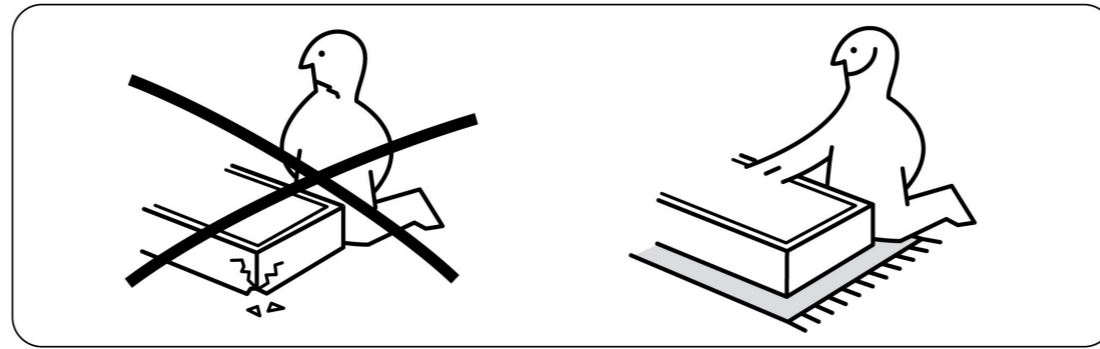
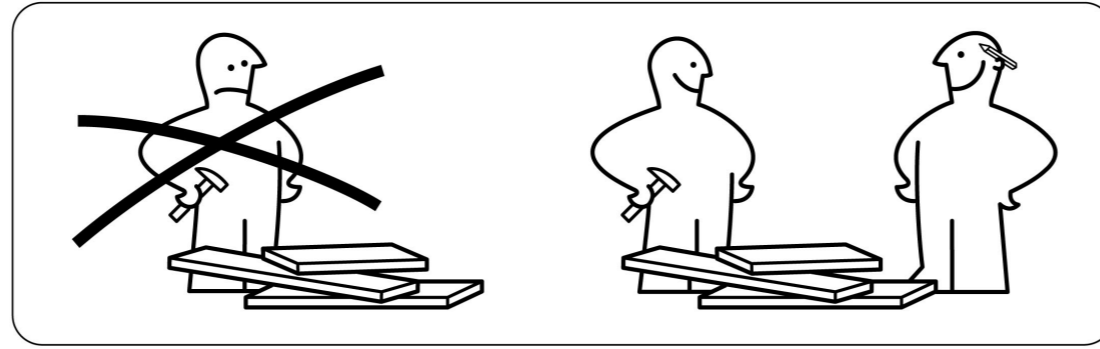
19. A. Gibb, *Off-site Fabrication: Prefabrication, Pre-as-sembly, Modularization* (Scotland: Whittles Publishing distributed by John Wiley and Sons, Inc, New York, 1999): 228–229.



ESQUICIO EXPERIMENTAL_

PROPUESTA DE MAXIMIZACION DE FUNCIONES
PARA UNA PIEZA PREFABRICADA PARA
VIVIENDAS

ESQUICIO EXPERIMENTAL EL CUBO MAGICO



propuesta de maximización de funciones para una pieza prefabricada para viviendas

Descripción del producto

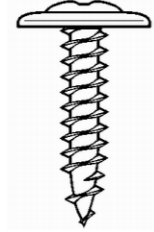
Con la finalidad de producir una pieza prefabricada que maximice sus funciones para vivienda, se ha realizado un cubo de 1,5 m². Se ha buscado no sólo la maximización de funciones, sino también la simplificación absoluta del objeto. Cada módulo cumple una función específica:

_MODULO EAT/BATH: bacha de madera barnizada, pack de dos hornallas de acero inoxidable, iluminación, conexión agua corriente, encimera, armarios y alacenas. Inodoro, ducha y espejo.

_MÓDULO STORE: biblioteca, escalera, estanterías, cajoneras y ropero.

_MÓDULO SLEEP: cama queen size, respaldo con guardado, cajoneras y luces velador. Mesa y sillas plegables

MATERIAL NECESARIO



30X

MEDIDAS DEL PRODUCTO FINAL

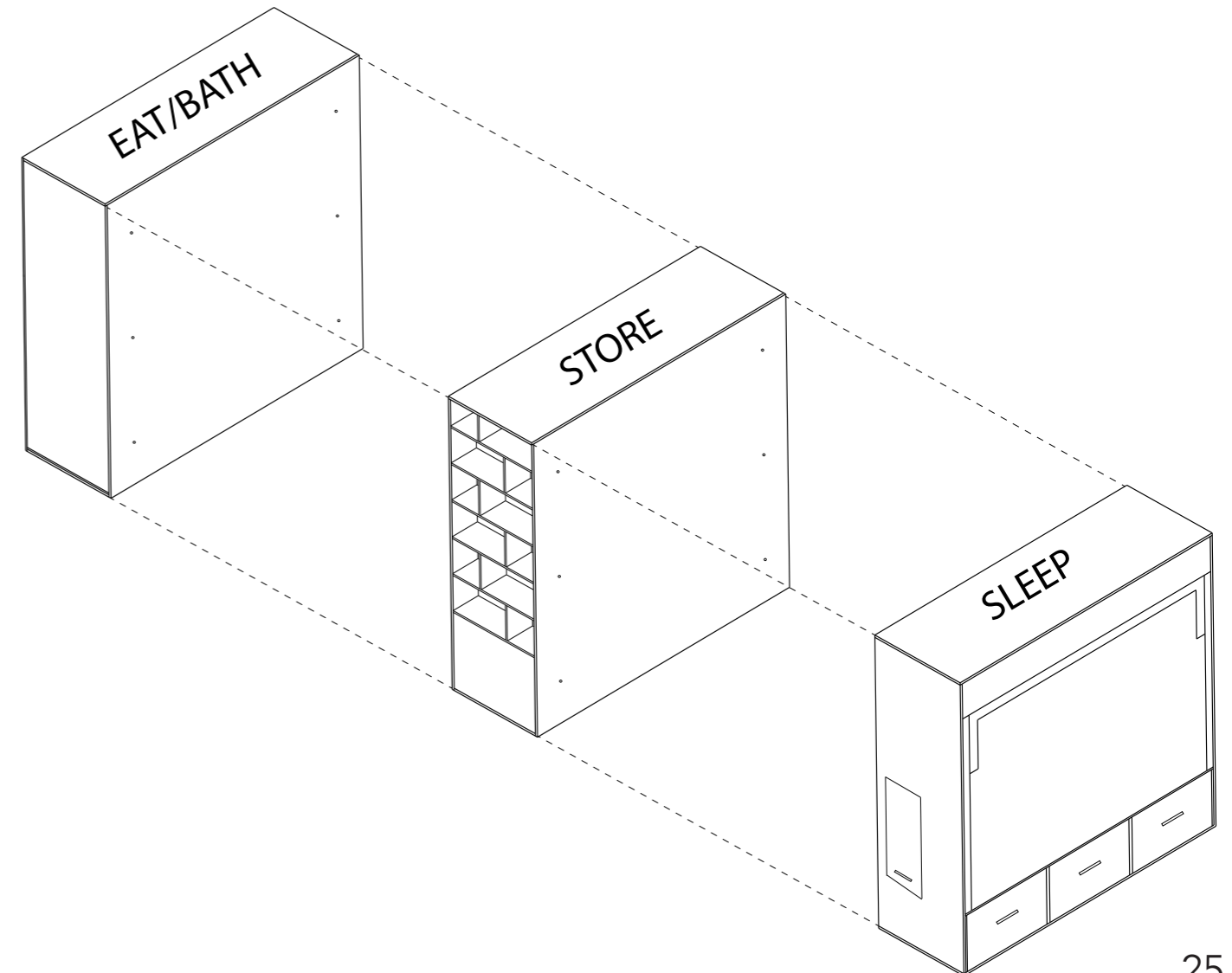
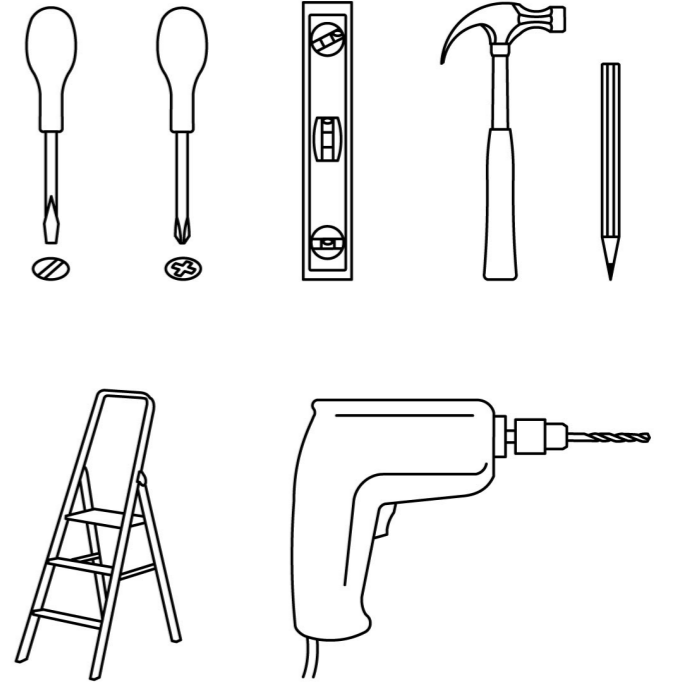
Ancho: 1,50 m

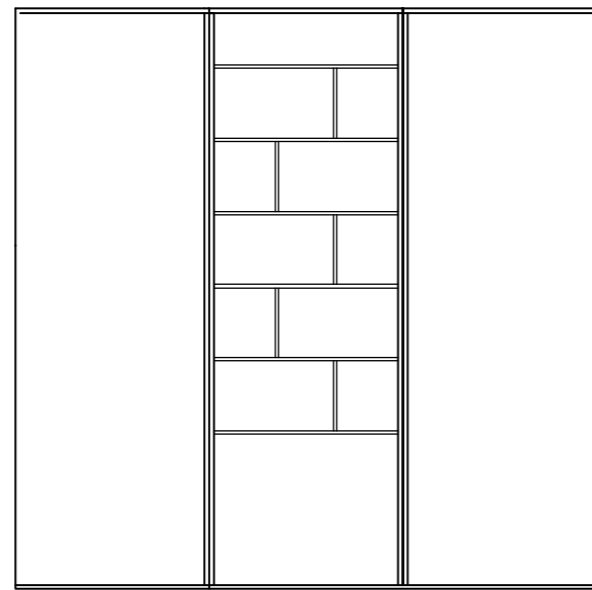
Fondo: 1,50 m

Alto: 1,50 m

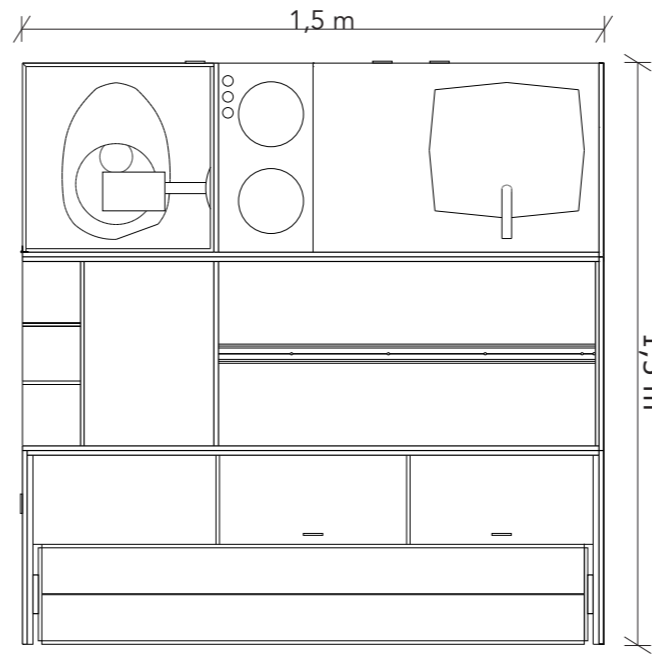
Peso por pieza: 105 Kg

Peso: 315 Kg

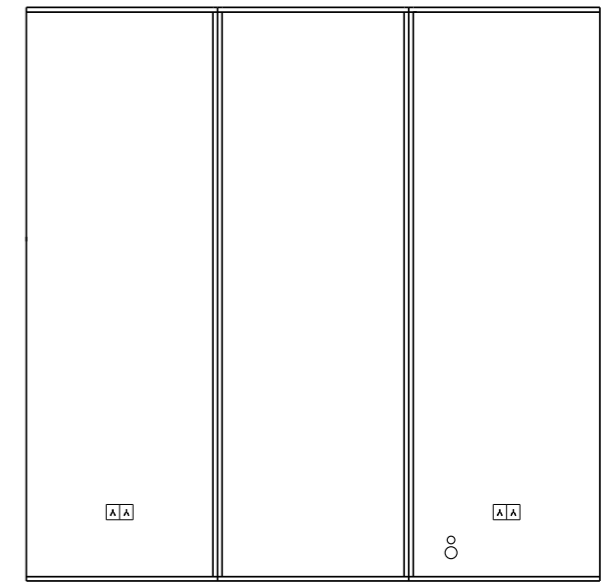




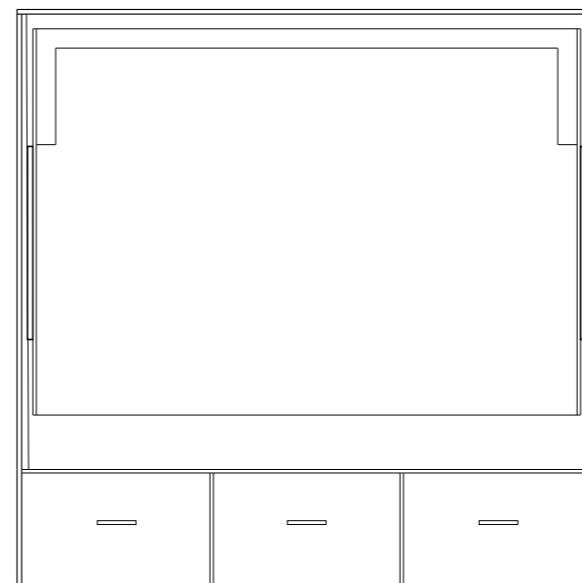
Vista frontal de los tres módulos



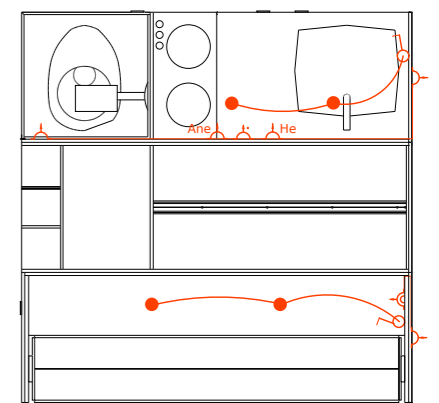
Planta del cubo mágico



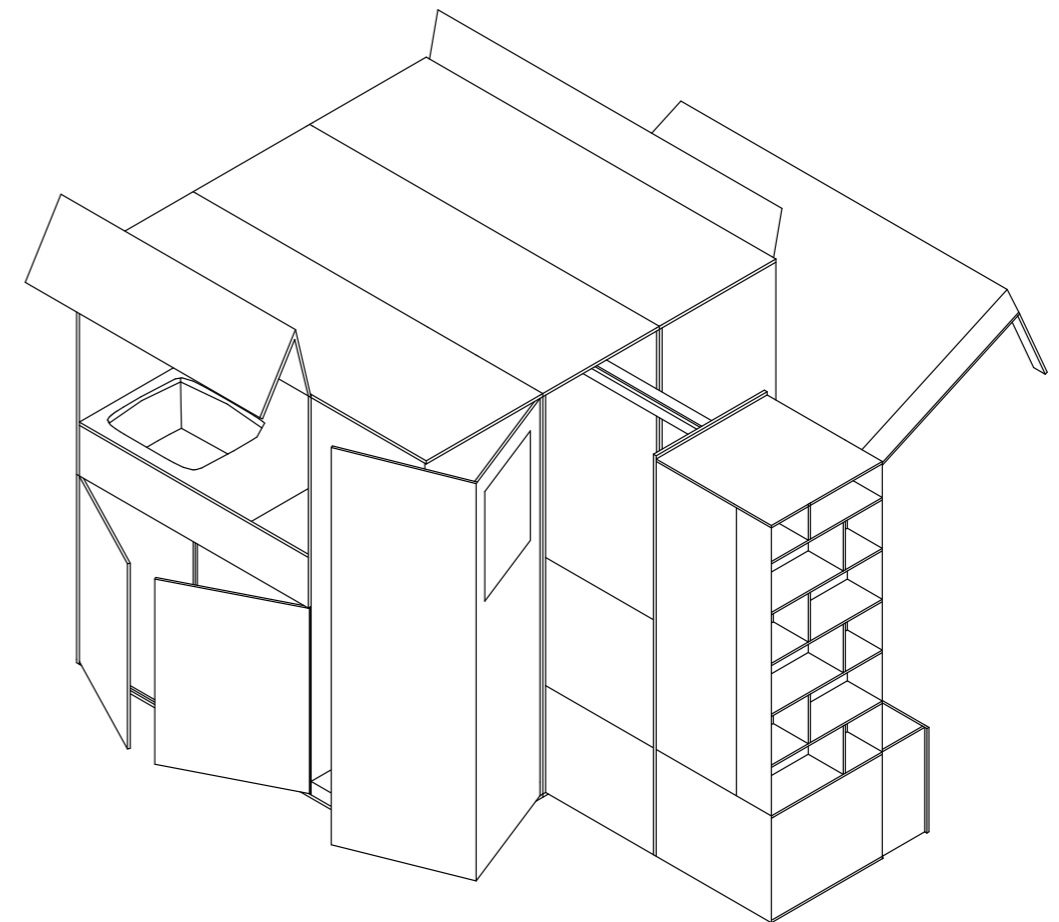
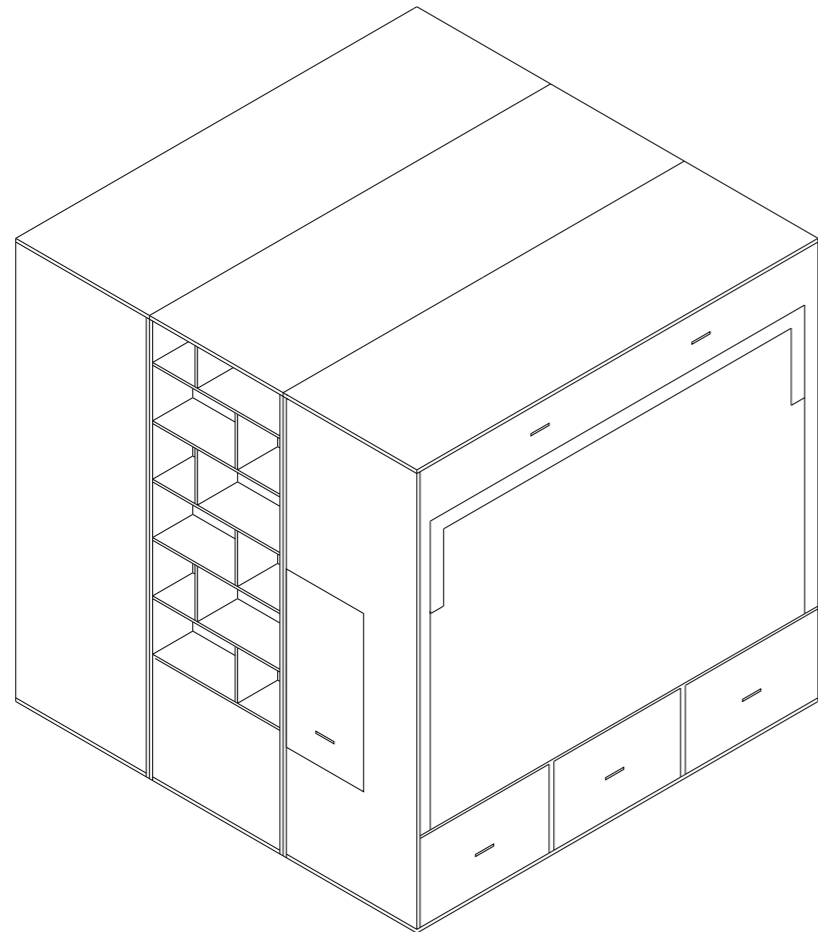
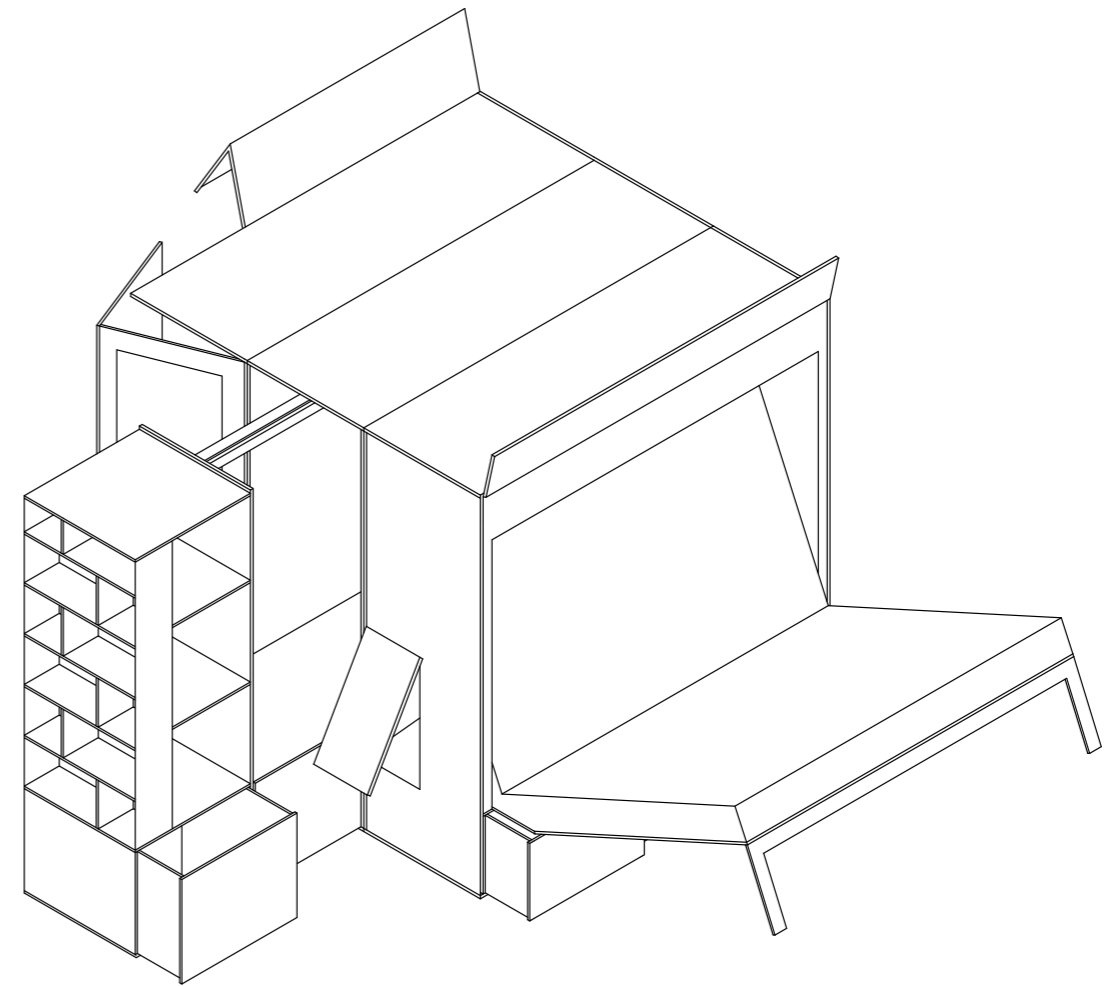
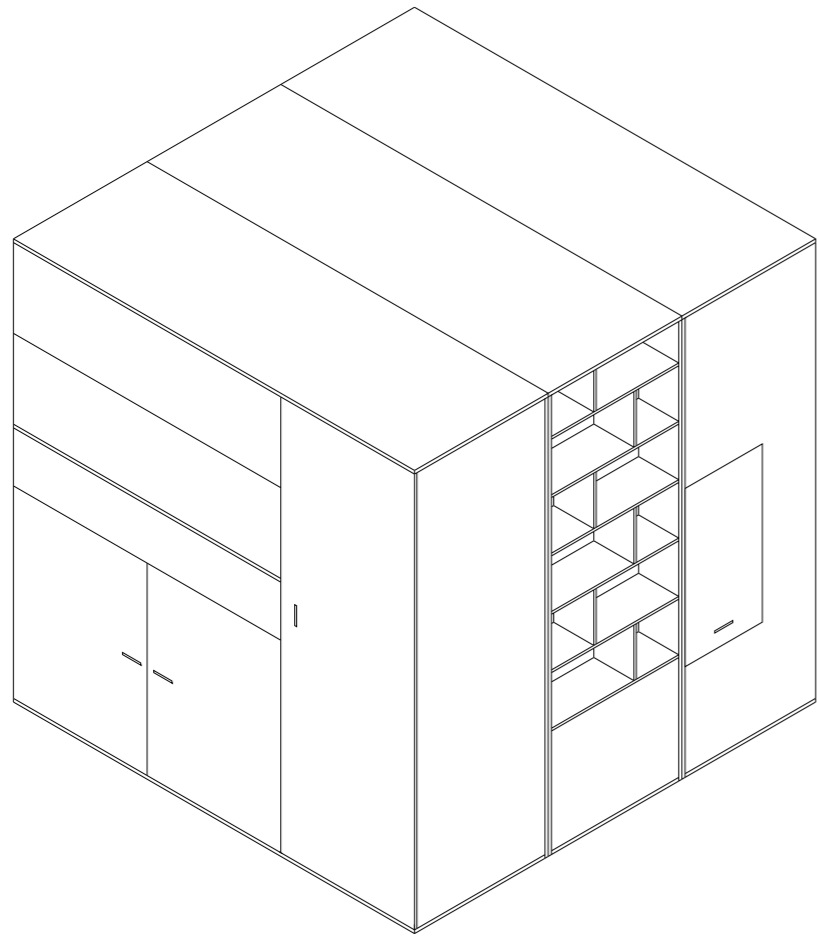
Vista trasera de los tres módulos



Vista módulo cama

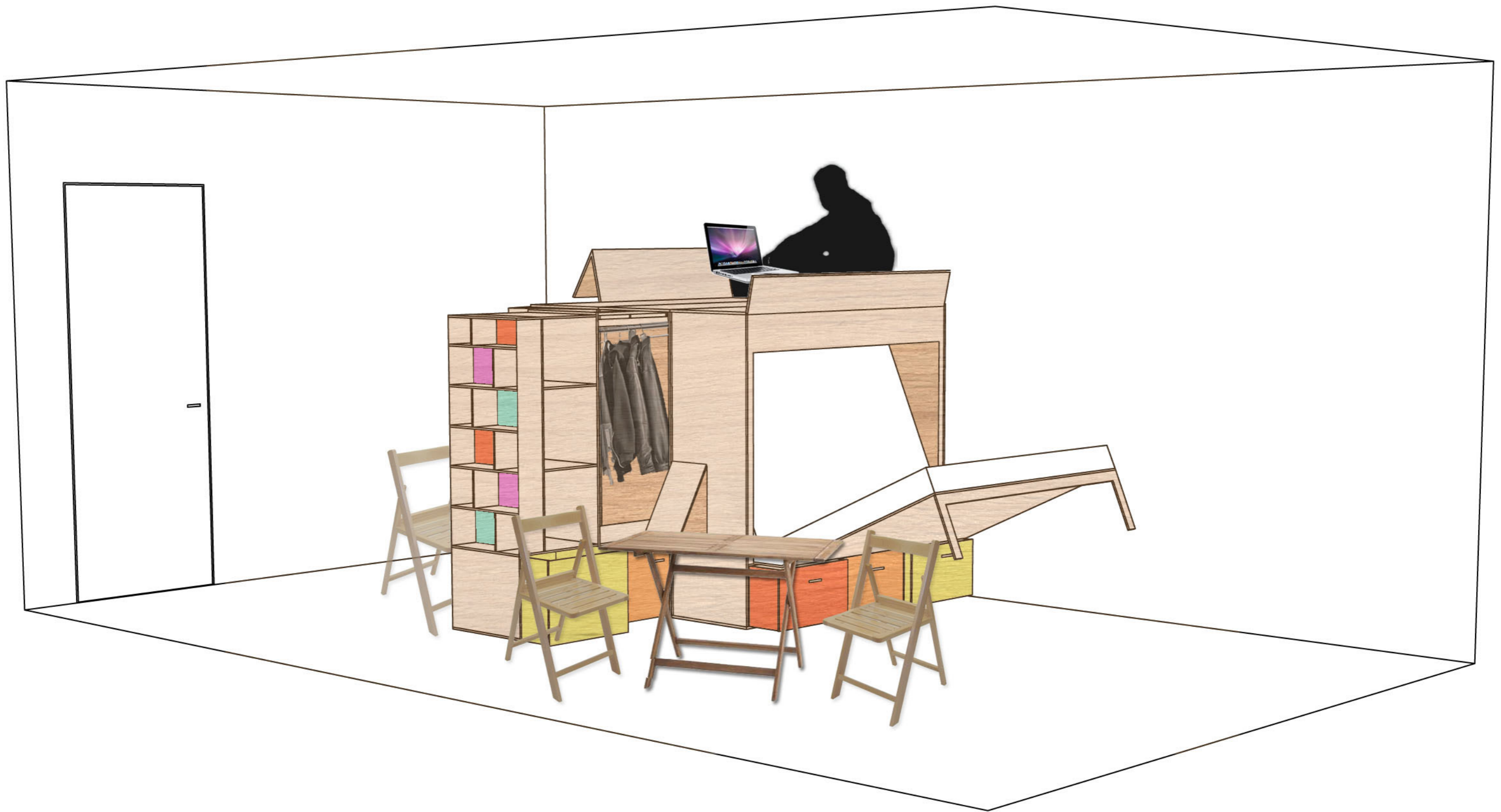


Planta de instalaciones



Axonómicas del cubo cerrado

Axonómicas del cubo abierto



Uso en monoambiente de 21m²

MATERIAL PREFABRICADO_

CLT.

MADERA CONTRALAMINADA

Con la construcción fuera de sitio para los comienzos de 1970 y la posterior aparición del sistema BIM, la prefabricación cobra un nuevo sentido. Utilizando sistemas de computación para el cálculo material y los modos de producción comienza a surgir el concepto de personalización en masa y de este modo las maneras de explotar este proceso.

En la actualidad, se considera que la madera es una de las grandes estrellas dentro de la prefabricación. La gran ventaja de la madera es que si se trabaja en fábrica, las manipulaciones de corte sobre el material son muy precisas. Asimismo, su uso predilecto para la prefabricación consiste en que es un material fácilmente transportable y manipulable, pero a su vez altamente sustentable. Gracias a las innovaciones tecnológicas, el aporte digital refiere al uso de las máquinas de control de comandos numéricos (CNC) así como también a una nueva industria emergente relacionada con el pre-cut.

Los paneles de madera contralaminados (CLT²⁰) están formados por monocapas encoladas en cruz, siempre en número impar pudiendo estar formados por 3, 5, 7 o más capas. Esta laminación cruzada provee estabilidad dimensional, resistencia y rigidez. El CLT permite acometer todas las partes de un edificio, se utiliza como panel tanto estructural como para división interna de locales, para paredes, forjados y cubiertas hasta escaleras y cajas de ascensores. No sólo se caracteriza por su rapidez constructiva al ser paneles prefabricados listos para su instalación, sino también porque la unión entre diferentes paneles se realiza de forma sencilla con pocos anclajes. Los paneles de madera contralaminada pueden aplicarse con gran flexibilidad y combinan perfectamente con cualquier otro material de construcción.

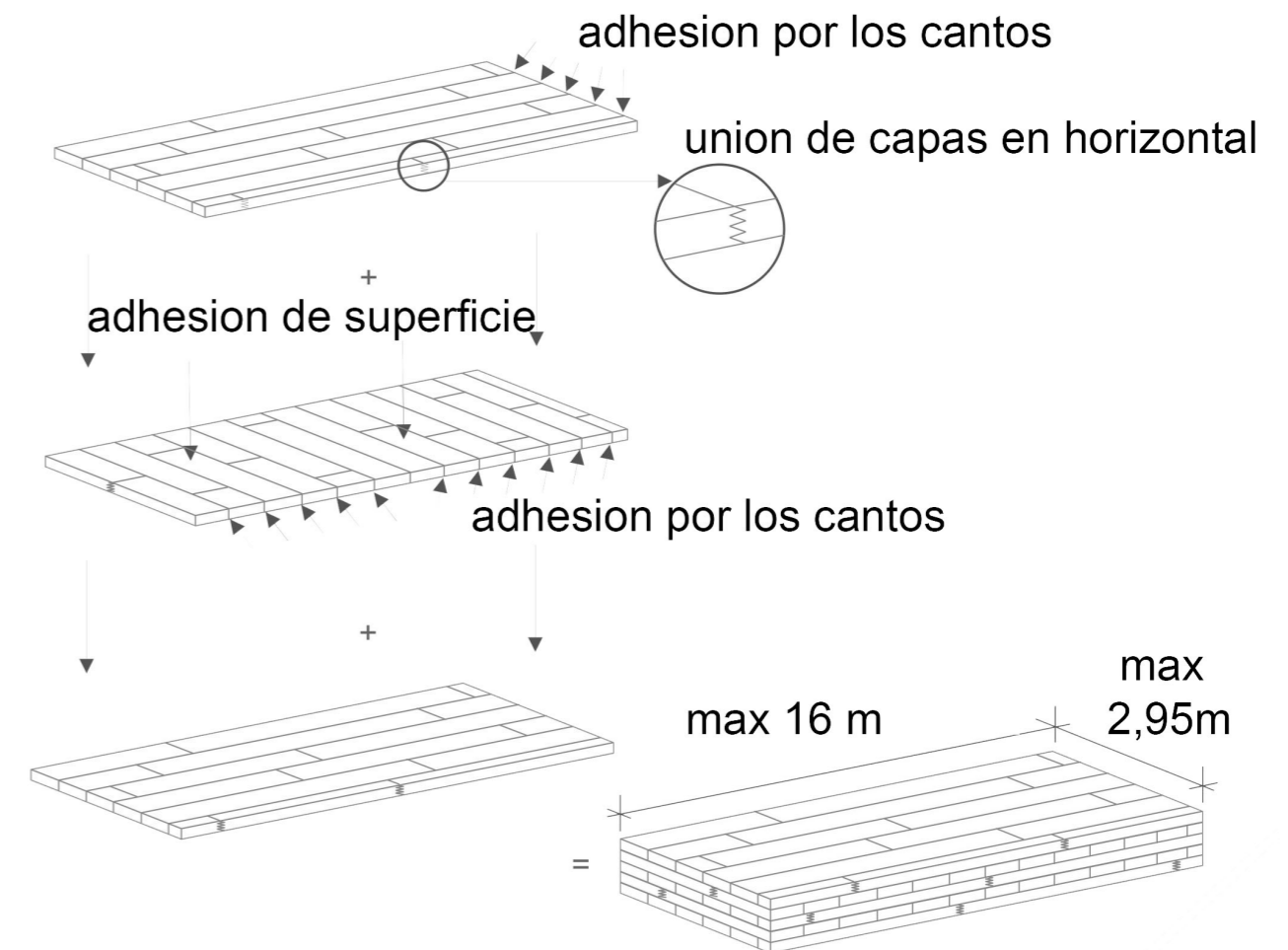
Muchos de sus beneficios tienen trasfondo en la sustentabilidad. Como sistema constructivo, está considerado un material sustentable siempre y cuando sea utilizado como el principal sistema estructural. No sólo ocurre que se reduce la huella de carbono en gran porcentaje, debido a que la madera en sí almacena carbono, sino que también el rendimiento térmico del material genera un menor gasto de energía y agua a los usuarios. Por último, el cálculo del material utilizado en la etapa de diseño genera una reducción significativa de material utilizado y así también la reducción de desechos materiales. Además de su gran resistencia mecánica y sus buenas prestaciones térmicas y acústicas, este material tiene un alto valor ecológico: se trata de un material renovable con bajo consumo energético en el proceso de fabricación, que almacena carbono en la vida útil del edificio reduciendo la demanda energética y los costes de climatización de los edificios.

El CLT no es solamente un producto, sino que se ha convertido en un sistema constructivo que aparece como alternativa al hierro y al hormigón armado: este sistema es mucho más liviano que el concreto así como también más fácil de trabajarlo; y es mucho más resistente al fuego que cualquier estructura metálica. Siendo éste su nombre genérico, hay otros modos de denominarlo de acuerdo a las industrias que lo desarrollan: KLH, Egoi y X-lam entre otros. La mayor parte de las industrias que desarrollan este producto se encuentran dentro de Europa occidental, a pesar de que en los últimos cinco años este material se ha instalado también como método constructivo en Australia, Estados Unidos y Canadá. Para la investigación de la presente tesis, se han estudiado los catálogos correspondientes a las empresas que utilizan este material.

20. CLT, siglas para el material Cross Laminated Timber

DIMENSIONES Y PESOS DE LAS CAPAS Y LOS PANELES²¹:

- _ El espesor de las capas puede variar entre 16 mm y 51 mm.
- _ El ancho de las capas puede variar entre los 60 mm y 240 mm.
- _ El peso de las capas puede variar entre 400 kg. y 550 kg/m³, siendo lo habitual entre 500 kg. y 2000 kg. por capa. Se estima que 1 m² pesa entre 45 y 50 kg.
- _ El espesor de los paneles contralaminados puede variar entre 57 mm y 320 mm.
- _ El ancho de los paneles contralaminados varían según el proveedor: la típica es de 2,4 m y de 2,95 m.
- _ La longitud de los paneles contralaminados puede alcanzar hasta los 16 metros.
- _ El peso de los paneles contralaminados puede variar entre 100 kg. y 7000 kg.²² Para minimizar desperdicios, es conveniente tener en cuenta los anchos de producción (2,40 m y 2,95m) ya en la fase de planificación. La distancia entre apoyos también resulta de gran importancia: los paneles no pueden superar los 8m entre ellos en el sentido que trabaja el panel de CLT. También, cabe destacar que el peso es directamente proporcional a las dimensiones de los paneles y por lo tanto muy variable.²³ Las regulaciones de transporte requeridos pueden llegar a poner limitaciones en el tamaño de los paneles.



21. Información extraída de los catálogos de Egoín y KLH, www.egoín.com, www.klh.at

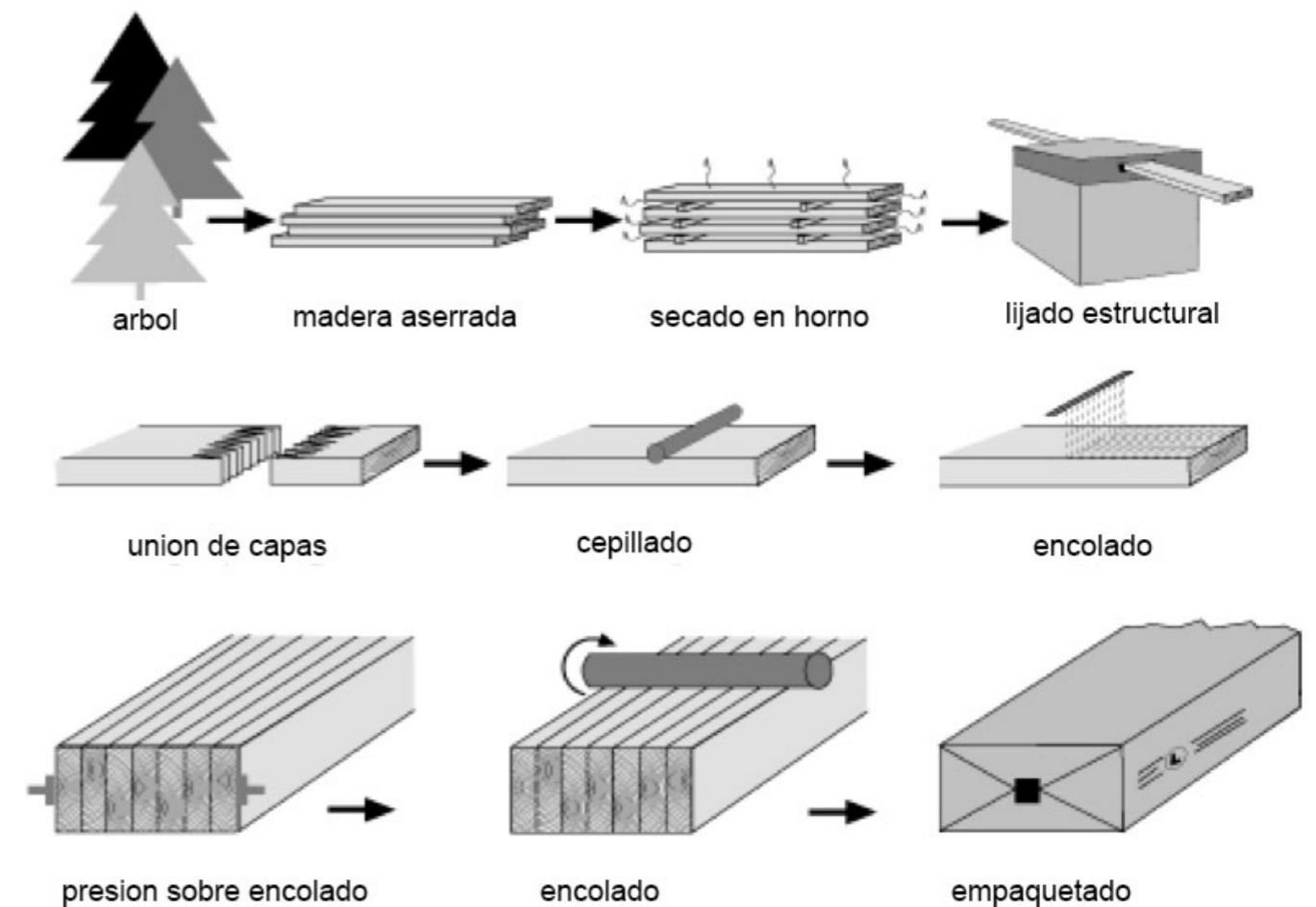
22. www.klh.at

23. Por ejemplo, un panel del orden de 10 m. de longitud, 2,50 m. de ancho y un espesor de 120 mm., resulta en un peso aproximado de 1.500 kg.

Para la fabricación y posterior montaje, los paneles pasan por varios procesos hasta su colocación final en obra: armado de panel, colocación en mesa puente de mecanizado multifuncional de control numérico, agrupación para carga y transporte, carga en camión/embarcación u otro y montaje. La gran característica de este material es que se mecaniza el proceso de fabricación siguiendo estrictamente los croquis aportados por el cliente, mediante técnicas de control numérico de última generación. Este material también admite la posibilidad de combinarlo con vidrio, acero o cualquiera de los materiales empleados usualmente en el sector de la construcción.

Para la conformación de cada panel, se producen planchadas de tablas del espesor que corresponda, juntadas con presión lateral sin adhesivo. Para su creación, las capas se colocan en sentido ortogonal unas respecto de las otras: se extiende una lámina de adhesivo en toda la superficie de la madera, se vuelve a colocar una segunda planchada en sentido transversal (90 grados respecto a la precedente), se vuelve a extender una nueva lámina de adhesivo y se vuelve a colocar una nueva capa de madera.²⁴ En casos especiales, dos capas consecutivas pueden estar colocadas en el mismo sentido, generando una doble capa para obtener capacidades estructurales específicas.²⁵ El número de planchadas de madera es de tres, cinco o siete, pero pueden ampliarse hasta formar el panel completo del espesor definido en el proyecto. Una vez colocadas todas las capas de madera se procede al prensado, cepillado y lijado de los paneles. Este proceso, por panel puede demorar entre 15 minutos y una hora.²⁶

La prefabricación en CLT permite el montaje exacto de edificios con óptimos plazos de construcción, reduciendo así las afecciones a vecinos y terreno, la exposición de la obra a la intemperie y los riesgos y accidentes laborales.²⁷ En el caso de que los paneles de madera lleven recubrimientos definidos en el proyecto -bien para protección al fuego, aislamiento térmico y/o acústico, paso de instalaciones, etc., éstos se coordinan en el desarrollo técnico para ser tenidos en cuenta en la fase de fabricación en taller y en el posterior montaje en obra. De este modo, el propio panel puede llevar revestimientos encolados desde la propia fábrica tales como: yeso, lamas de madera, etc.



24. www.egoin.com, www.storaenso.com

25. Karacabeyli, E., Douglas, B., CLT Handbook, FP Innovations, 2012, capítulo 2

26. Mohammad, M., Connections in CLT Assemblies, Cross Laminated Timber Symposium Vancouver, FP Innovations, Vancouver, Canadá, Febrero 2011

24. Karacabeyli, E., Douglas, B., CLT Handbook, FP Innovations, 2012, capítulo 2

MUROS Y FORJADOS

_ Paredes exteriores: conformadas de 3 y 5 capas. Hasta 3 niveles de altura, es suficiente con 3 planchadas, configurando paneles de 60 a 120 mm. de espesor (dependiendo del espesor de las láminas utilizadas). La dirección de las láminas debe corresponder a las solicitaciones mecánicas del panel y, teniendo en cuenta que éstas son fundamentalmente verticales, las dos planchadas exteriores deben colocarse en vertical, haciendo trabajar a la madera en su sentido axial.

_ Paredes interiores: sean de carga o solamente de partición, se realizan habitualmente con paneles de grosores entre 60 y 165 mm. Éstas pueden realizarse con calidad de láminas industriales, para luego ser recubiertas con placas de cartón yeso o con láminas de calidad estándar que permitan dejar la madera vista.

_ Paredes medianiles: se utilizan los mismos paneles que en paredes interiores recubiertos con láminas acústicas.

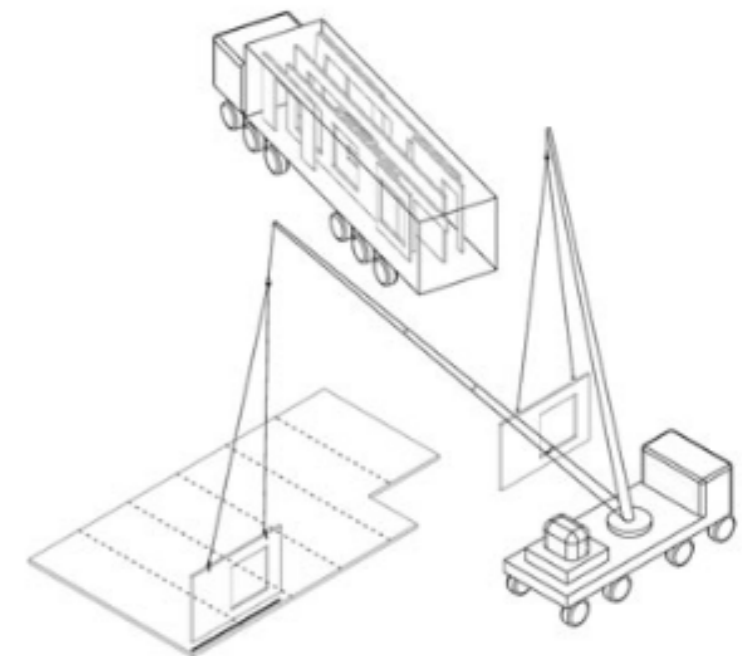
_ Forjados de pisos y entrepisos: se deben formar teniendo en cuenta las solicitaciones mecánicas de los paneles, por lo tanto las planchadas externas, al ser las más cargadas, deben situarse en el sentido longitudinal del panel. En función de las cargas y sobrecargas y de las distancias entre apoyos, se deben formar los paneles correspondientes con el espesor de lámina y número de planchadas definido para el cálculo. Los paneles de forjados de plantas pueden realizarse con calidad de láminas industriales para luego ser recubiertas con placas de yeso u otros materiales, o bien con láminas de calidad estándar para dejar la madera vista.

_ Forjados de cubierta: tanto para cubiertas planas e inclinadas, de una, dos o varias pendientes. Los paneles de cubierta pueden realizarse con calidad de láminas industriales para luego ser recubiertas con placas de yeso u otros materiales, o con láminas de calidad estándar para dejar la madera vista. En la parte superior de las cubiertas inclinadas se colocan los correspondientes aislamientos y una lámina barrera de agua para posterior colocación de teja, pizarra, chapas de zinc, cobre, o hierro galvanizado prelavado. En la parte superior de las cubiertas planas se coloca una lámina impermeabilizante para posterior colocación de acabados varios: piedra, cubiertas vegetación, etc.

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTABILIDAD DE LOS PANELES

Los paneles se prensan en posición horizontal, por lo tanto la extracción de estos paneles de la prensa de encolado se realiza en la misma posición. En posición horizontal se transporta a la mesa de mecanizados de control numérico (CNC), y desde la misma, se realiza el almacenamiento en grupos: para paredes, las plataformas de carga se levantan mediante dos puentes grúa, aplicando eslingas en el extremo superior de los pilares centrales. El movimiento de los puentes grúa está telecomandado y simultaneado por un solo mando, al efecto de sincronizar los movimientos de ambos mecanismos. Las plataformas se colocan sobre el camión y se procede de nuevo a su atado antes de iniciar el movimiento de transporte. El transporte se realiza mediante 2 enganches en paneles de hasta un peso máximo de 2.500 kg. y 4 enganches cuando el peso supera dicha cantidad.

Para poder transportarlos, se recomienda diseñar paneles de hasta 13,60 m. de longitud y 3,00 m. de ancho, disponiendo los paneles de forma vertical para un mejor uso del espacio y una mayor posibilidad de cantidad de paneles apilados a la hora de moverlos. Los materiales transportados a obra, se izan desde el propio camión hasta su ubicación en la obra. En el caso de construcción dentro del Delta, los paneles deberían ser almacenados de manera tal que puedan ser transportados de un camión a una embarcación. Las plumas que pueden ser utilizadas en dicho sitio tienen una longitud de 15 metros, por lo tanto ellas son las que deberán transferir los paneles de la embarcación a la isla. Una vez en sitio, las paredes se toman en posición vertical sujetándolos de sus 2 ó 4 enganches mediante pulpos de 4 cadenas. Los forjados de entreplanta y cubierta se alzan en posición horizontal, aplicando estrobo de 4 cadenas a sus 4 puntos de enganche. Colocados en su posición, los elementos de panel son atornillados entre si mediante grandes tirafondos y escuadras metálicas. Los paneles verticales se posicionan verticalmente mediante arriostramientos telescópicos específicos atornillados a suelo y panel, permitiendo regular la verticalidad del elemento.



CALIDADES DE SUPERFICIES

_ Calidad industrial: para el recubrimiento posterior en la construcción (Ej: mediante placa de cartón yeso). Son permitidas diferencias de color en cada lámina, nudos de ramas, crecimiento de corteza y resina; así como también suciedades y penetraciones del adhesivo.

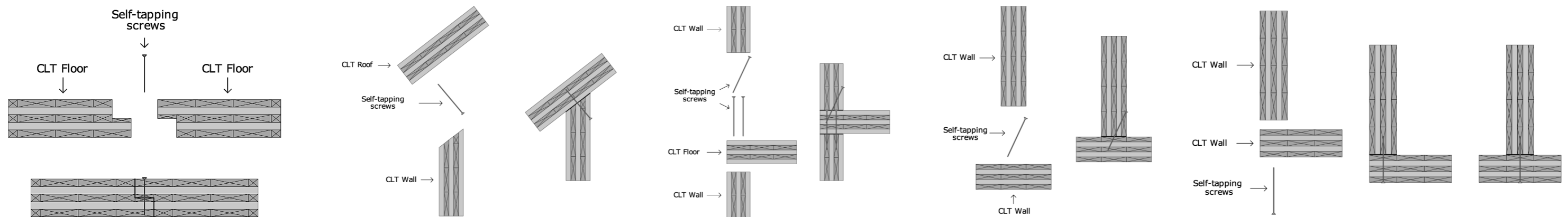
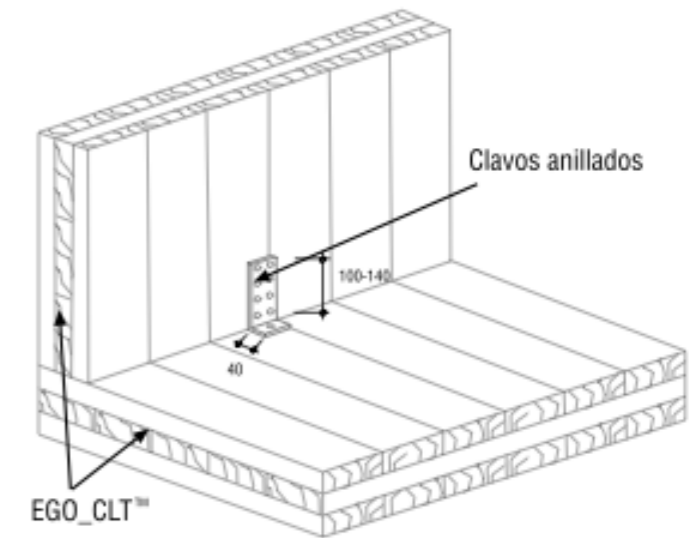
_ Calidad visual: para el uso visible en forjados, paredes y/o cubiertas. Se utilizan láminas con ramas sanas y resina fina, que tienen superficie lisa y pulida.

FIJACION DE LOS PANELES

Se utiliza la tecnología de CNC para crear diversos tipos de conexiones entre piezas.

_ Sujetadores tradicionales: clavos, tornillos para madera, tornillos y tarugos, en combinación con placas de metal, soportes y corbatas. No son comúnmente los utilizados para sujetar estos paneles, aunque sí sigue en el mercado. Los clavos y remaches características específicas, tales como clavos estriados o varillas roscadas. Se utilizan mayormente combinándose con placas y escuadras metálicas. Se caracterizan por tener un lado más corto (40-50 mm.) y otro más largo (100-140 mm.). El lado corto se sujeta al panel del suelo mediante tirafondos y el lado vertical se sujeta mediante múltiples clavos anillados de 4 x 45 mm. Los elementos metálicos son tratados en diferentes modos: boicromatado, zincado, galvanizado en caliente o acero inoxidable.²⁸

_ Sujetadores innovadores: tornillos autorroscantes y clavijas, pegados en las barras, sistemas de tipo aplastamiento, ganchos de metal, etc. Fáciles de instalar, proporcionan una alta capacidad lateral así como una rápida extracción. Su gran ventaja es que no requiere de ninguna perforación previa para su instalación, por lo tanto se deja tan sólo estipulado donde va la conexión sin rotura de material. Estos sujetadores vienen en una variedad de tamaños y características. Sus diámetros varían entre 4 mm y 12 mm; y tienen longitudes de hasta 600 mm.²⁹



28. www.egoin.com

29. Mohammad, M., Connections in CLT Assemblies, Cross Laminated Timber Symposium Vancouver, FP Innovations, Canadá, Febrero 2011

Según el *Cross Laminated Timber Symposium* realizado en Vancouver en Febrero de 2011, y el CLT Handbook, los beneficios del CLT son³⁰:

RAPIDEZ DE MONTAJE

El alto grado de prefabricación conlleva tiempos de obra más cortos. Los distintos componentes se analizan y fabrican en líneas de control numérico, minimizándose los errores y tiempos muertos en obra. La racionalización de mano de obra, el control total de los gremios y de los tiempos de fabricación produce no sólo una reducción de los tiempos de construcción sino también de los costos. Paredes, forjados y techos son pre-cortados, así como también aberturas y escaleras. Como los acabados pueden ser puestos antes de la instalación, reducen estos también la mano de obra requerida en sitio. Se trata de una construcción *just-in-time*, donde lo único que debe ser puesto en obra son las conexiones entre paneles, ya preestablecidas del momento de fabricación de los mismos (junto a los paneles, debe haber un manual detallando cada unión). Se calcula que se construye un 30% más rápido).

EXCELENCIA ESTÁTICA

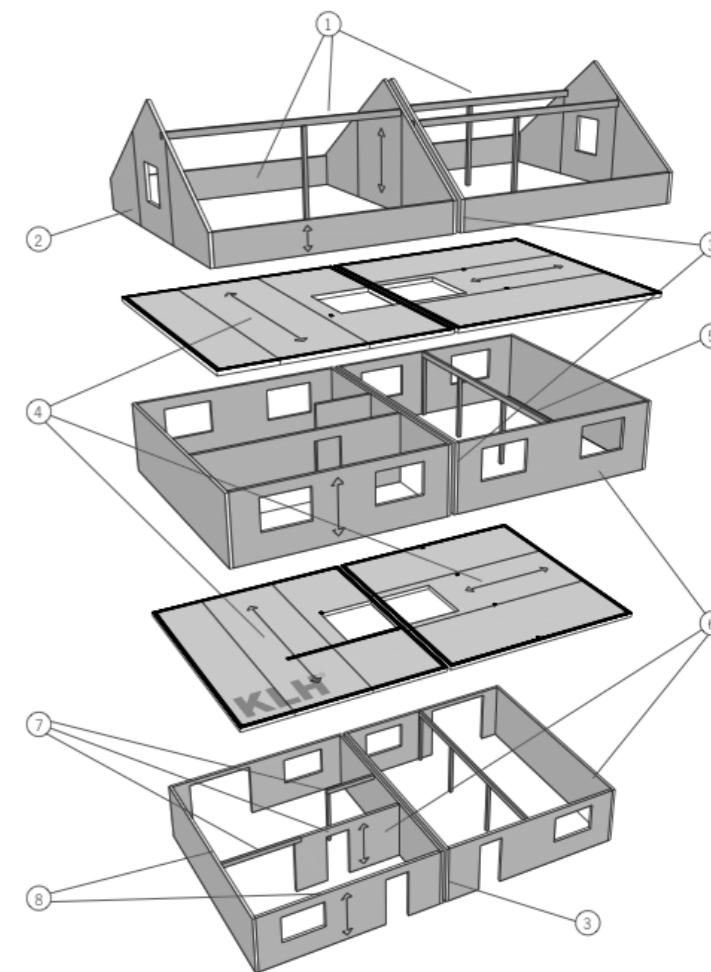
La alta capacidad de carga con un peso propio bajo permite dimensionar componentes delgados para grandes vanos, ofreciendo más espacio con las mismas medidas externas. Permite voladizos y muros de carga funcionando como vigas, lo que admite la eliminación de todo tipo de columnas. Se exige también la calidad resistente en las planchadas sujetas a solicitaciones directas a flexión, tracción y compresión. Las planchadas intermedias transversales están sometidas a esfuerzos de corte y solamente a esfuerzos de flexión en los forjados que trabajan bidireccionalmente (por ejemplo en caso de voladizos transversales). Si las fundaciones son de otro material, la madera genera un menor peso estructural y por lo tanto una menor cantidad necesaria de material para ella.

PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD

En todo momento se debe evitar el contacto de los paneles con la humedad. Los puntos críticos deben estar resueltos correctamente para evitar cualquier posible deterioro de la madera. Si los recubrimientos son directos, como por ejemplo con monocapas sobre fibra de madera adherida al panel, el recubrimiento debe de ser totalmente impermeable al agua y al mismo tiempo permeable al vapor. Cuando se hacen fachadas ventiladas sobre los paneles con materiales tales como lamas de madera, tableros compactos, cerámica, piedra, etc., se debe colocar una lámina barrera de agua, que tenga a su vez de una alta permeabilidad al vapor de agua. En los locales húmedos del interior –baños, cocinas, etc.- se debe realizar una impermeabilización entre el panel de madera y los recubrimientos de piso y paredes. Para el interior de la vivienda, la madera maciza actuará como regulador de la humedad del ambiente y absorberá las sustancias nocivas del aire.

RESISTENCIA AL FUEGO

El CLT tiene un contenido de agua de aproximadamente el 15%, y antes de que el fuego llegue a la madera, este agua se evaporará. La capa superficial del material protege las capas interiores para que, en caso de incendio, el edificio no colapse como puede suceder en un edificio de concreto o hierro: en un edificio, lo que se incendiará no es la madera sino el revestimiento y el mobiliario. Sin embargo, como la madera es un producto combustible se debe estudiar igualmente su reacción al fuego para considerar el tipo de revestimiento a colocar, como pueden ser los paneles minerales.



30. Mohammad, M., Connections in CLT Assemblies, Cross Laminated Timber Symposium Vancouver, FP Innovations, Vancouver, Canadá, Febrero 2011

Karacabeyli, E., Douglas, B., CLT Handbook, FP Innovations, 2012, capítulos 5 a 10

ACUSTICA

Gran aislamiento térmico y acústico. La madera permite buenas atenuaciones acústicas al ruido aéreo y de impacto debido fundamentalmente a su sistema constructivo, que desacopla mecánicamente las caras externas. Por su estructura porosa, también posee un alto coeficiente de absorción acústica. Los materiales utilizados en las cámaras (fibras de madera, lana de roca, etc.) aúnan altos coeficientes de absorción acústica con bajos índices de rigidez dinámica, necesarios para potenciar el amortiguamiento entre superficies externas. Una ventaja del sistema, es que los paneles no están sujetos a manipulación posterior a su fabricación, con lo que se consigue una gran homogeneidad en los resultados de aislamiento acústico obtenidos en la certificación final.

TEMPERATURA

El rendimiento térmico del CLT está determinado por el coeficiente de transferencia de calor U, que se relaciona directamente con el espesor del panel. Los paneles más gruesos tienen menor valor U, son mejores aislantes y por lo tanto requieren menos aislamiento. Puesto que los paneles CLT se pueden fabricar con equipos CNC a una precisión máxima, las juntas de los paneles también estarán más unidos, lo que resultará en una mayor eficiencia energética para la estructura. Debido a que los paneles son sólidos, hay poca posibilidad de que haya flujo de aire a través del sistema. De este modo, debido a la masa térmica del CLT, la madera absorbe energía solar durante el día y la vuelca al aire interior durante los momentos en que baja la temperatura de noche. Como resultado, las temperaturas interiores de una estructura acabada CLT se pueden mantener con sólo 1/3 de la calefacción/refrigeración que se requiere normalmente. Del mismo modo, el material anula los puentes térmicos.

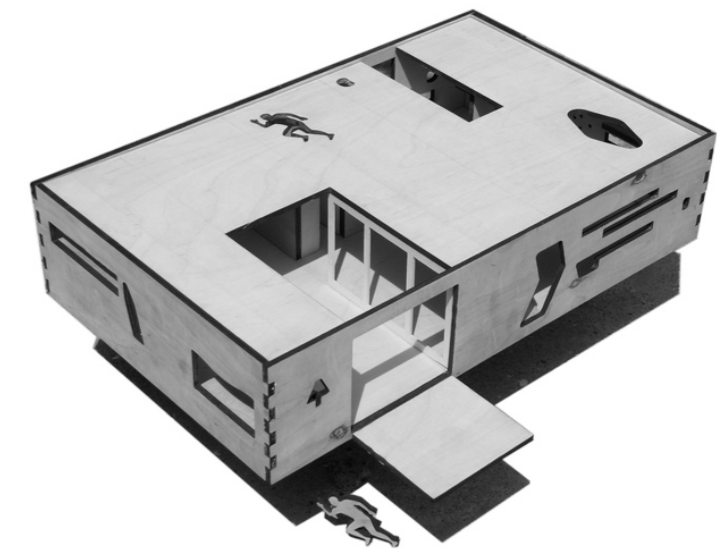
POCOS DESECHOS

Los paneles CLT son fabricados para usos específicos en cada caso. Esto, sumado a que el material se corta en fábrica con un estudio previo de cada una de las piezas, genera una cantidad casi nula de los desechos en obra así como también un mejor uso del material. El CLT sobrante es usualmente utilizado por las fábricas para producir las piezas más pequeñas, o hasta producir biofuel (por ejemplo) reduciendo notablemente los desechos de fábrica. Del mismo modo, se calcula que como sistema constructivo, su peso llega a ser de hasta 1/4 comparándose con una estructura de hormigón o hierro. Esto genera un beneficio en términos de sustentabilidad.

FLEXIBILIDAD EN EL DISEÑO

Este sistema prefabricado produce componentes edilicios ready-to-use. Generados en fábrica mediante las máquinas de control numérico que trabajan con gran precisión, el sistema puede ser incluido dentro de la automatización personalizada antes estudiada: se fabrican elementos personalizados y cortados a medida pero a la vez que responden a una producción sistemática, dejando toda la construcción de elementos en fábrica y llevándolos al sitio para ser únicamente montados.

Es relativamente fácil incrementar el espesor del panel para lograr mayores superficies necesitando de menos elementos estructurales internos. Las empresas que utilizan el CNC para cortar los paneles y las aberturas de modo preciso, se manejan con tolerancias que llegan a diferencias de milímetros. El diseño de los paneles admite formas regulares, irregulares y hasta amorfas, y las aberturas pueden ser ubicadas 'casi' aleatoriamente, dando una libertad absoluta a la hora de diseñar: los paneles se crean a medida de cada proyecto. Así también, el CLT es multi-funcional en más de un sentido: puede ser usado para paredes, techos y pisos dependiendo la dirección en la que se utilice, así como también funciona como protección contra el tiempo, acabado interior y estructura, generándose así una simplificación del método constructivo limitándose todo a un solo material.³¹ Como propone el arquitecto Christoph Affentranger: *"This makes building with wood simpler, but at the same time forfeits the pioneering spirit and the intimacy of the craft, materials and design, which Peter Zumthor for example, has perfectly mastered."*³²



Naked House, DrMM

*"Today, the wooden house is produced by machines in factories, not by the craftsman in his shop. A traditional, highly-developed craft has evolved into a modern machine technology; new applications and new forms are being developed."*³³

31. Bejder, Anne Kirkegaard, Aesthetics of cross laminated timber, DCE Thesis no. 35, Aalborg University, Dinamarca, 2012, pág. 38

32. Affentranger, Christopher, "Building simply with wood", in DETAIL: Building simply, pag. 34, 2005

33. Wachsmann, Konrad, *Building the wooden house*, Birkhäuser, Basilea, Suiza, 1995



Casa 205. H Arquitectes
Barcelona. 2007

Vivienda unifamiliar construida con paneles KLH, bases de hormigón. No hay jerarquía o estructura cartesiana de descenso de cargas sino que toda la estructura trabaja en conjunto. El dimensionado preciso permite generar grandes vuelos. El material ha permitido articular la geometría de la roca y de la casa, al mismo tiempo que ha hecho ahorrar y minimizar la cimentación. El estudio ha estimado una reducción de la huella de carbono del 51% en 50 años.

Fuente: - www.plataformaarquitectura.cl
- <http://www.harquitectes.com>



Casa MO. FRPO
Madrid. 2012

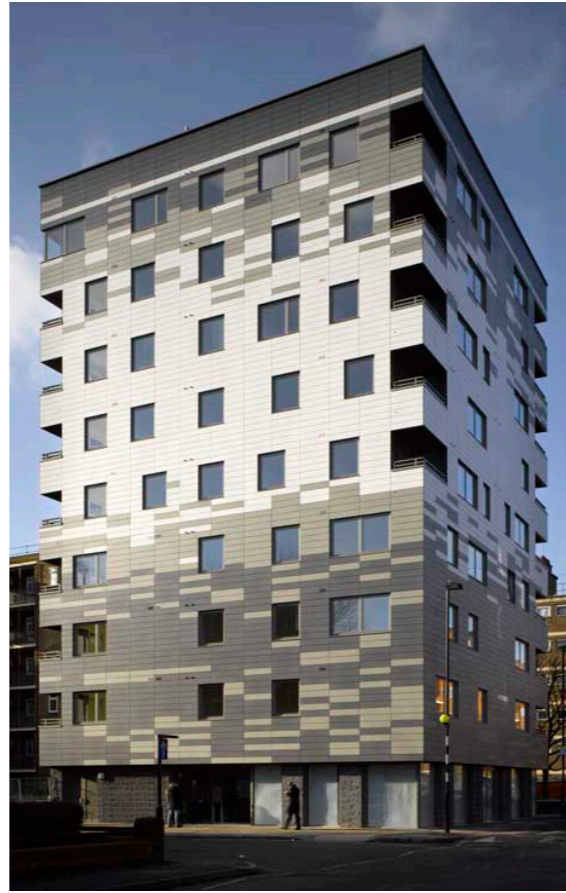
Vivienda unifamiliar construida con paneles KLH. El sitio demandaba una geometría compleja para construir. De este modo, el programa se ha pensado de modo flexible con simples piezas rectangulares adaptables a las diferentes tipologías desarrolladas, 24 en su totalidad. El peso total del sistema no llega a 1/3 del de una estructura convencional y el aislamiento térmico de los cerramientos es un 400% mayor que el de una fachada convencional.

Stadthaus. Waugh Thistleton Architects

Londres. 2009

Primer edificio de vivienda de alta densidad construido enteramente en madera, no sólo paredes y losas sino también cajas de ascensores y escaleras. Las paredes internas se hacen cargo de tomar cargas y liberar a otros muros para agrandar las superficies de los locales o las aberturas. Esta flexibilidad permite plantas y fachadas diferentes en pisos sucesivos .

Cada panel es prefabricado incluyendo los vanos para ventanas y puertas y con vías internas para el paso de instalaciones. Se estima que se ha ahorrado más de 310 toneladas de carbono.



Forté Building. Lend Lease

Australia. 2013

Primer edificio en altura construido con paneles CLT fuera de Europa. El edificio llegó como un 'kit of parts' desde Europa, incluyendo los 759 paneles, 5500 ángulos metálicos y 34550 tornillos necesarios para su erección. El proyecto logró reducir en 1600 toneladas las emisiones de CO2 en comparación con otros sistemas constructivos. Se observan como beneficios principales un mejor rendimiento térmico y una notable reducción de los costos de energía y agua. Asimismo, se ha estimado una reducción del 22% de las emisiones del efecto invernadero en un ciclo de 50 años.



Metropol Parasol. Jurgen Mayer

España. 2008

Estructura aérea que conforma un espacio público con múltiples programas en su interior (mercado, restaurantes, mirador, etc.) Considerada la mayor estructura de madera del mundo, la estructura total mide aproximadamente 150 metros de largo, 75 de ancho y 28 de alto, a partir de una retícula ortogonal de 1.5 x 1.5m. Esta se compone por 3000 piezas unidas por barras de acero encoladas y montadas en obra. El CLT está protegido por una capa de poliuretano impermeable. Al ser una estructura compleja, todo el modelo 3D tuvo que ser realizado con un programa creado especialmente para este proyecto.

SITIO_

DELTA DEL PARANA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES



El Delta es un lugar difícil de acceder, donde las construcciones son en su mayoría prefabricadas y donde se busca reducir al máximo el impacto ambiental de los materiales con los que se construye. Teniendo la prefabricación como motor proyectual, y la madera contralaminada como forma constructiva para abarcar dicho concepto, se ha optado por trabajar en éste terreno con el sistema de prefabricación CLT. El desafío consiste en maximizar las premisas de la prefabricación como sistema de construcción: control, repetición, duración, geografía, material, mano de obra y transporte.

El Delta del Paraná ocupa cerca de 1.700.000 hectáreas en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Santa Fé. Su complejo régimen hidrológico está ligado a las crecidas periódicas de los ríos Paraná y Uruguay, y a las mareas lunares y eólicas del Río de la Plata, a veces intensas y duraderas. Es el último macrosistema de una compleja red de humedales de extensión regional, conocida como el corredor fluvial Paraná-Paraguay del Sistema del Plata. El Río Paraná es considerado por su extensión, tamaño de la cuenca y caudal, el segundo en importancia de Sudamérica y el cuarto en el mundo.

La región de Delta bonaerense comprende un área extensa y diversa que forma parte de los partidos de Tigre, San Fernando, Escobar, Campana, Zárate, Baradero, San Pedro, Ramallo y San Nicolás. Dentro de esta extensa región el proyecto se ubicara dentro de la parte del Bajo Delta insular: la correspondiente a la reserva de Biósfera en el Partido de Tigre, denominada "Segunda Sección de Islas", que comprende una de las áreas más pobladas. En esta sección, como en la tercera, predominan las viviendas residenciales, mientras que en la Primera Sección las viviendas de uso turístico resultan muy numerosas debido a su proximidad al puerto de Tigre.³⁴ Resulta interesante que cada vez mas, gente que vive en la ciudad busque mudarse a las islas de forma permanente o trasladarse los fines de semana. Por la calidad de su paisaje y su cercanía a la aglomeración metropolitana, tiene además gran potencialidad recreativa y turística. Como propone Anahí Ballent, allí está *"la posibilidad de distracción y sociabilidad en contacto con la naturaleza pero próximo a la ciudad"*³⁵.

34. Censo nacional del 2010

35. Ballent, Anahí, "Country life: los nuevos paraísos, su historia y sus profetas", en Block No 2, Universidad Torcuato Di Tella, Buenos Aires, 1998

Tomando las modificaciones hechas en el Código de Edificación del Tigre en el corriente año, así como también otros decretos implementados, ciertos aspectos resultan relevantes de destacar:

_ Se deben liberar los primeros 15 metros del límite fluvial de la parcela, que constituyen la línea edificable de frente. Este espacio quedara así como el Camino de Ribera, en el cual los propietarios ribereños no pueden hacer ninguna construcción, ni reparar las antiguas que existen, ni deteriorar el terreno en manera alguna. Este camino, que debe tener como mínimo un ancho de 1 metro, se constituirá como veredas urbanas que pasan por los frentes de las parcelas vinculando las casas con los embarcaderos, utilizados también como parada por el transporte público. Este también debe unirse con los senderos de las parcelas lindantes y con el muelle. Los senderos de las parcelas deben tener una dimensión mínima de 2 metros de ancho.

_ Se establece como cota base para la construcción de vivienda +4.50 metros al cero IGN (Instituto Geográfico Nacional), a los fines de prevención ante el riesgo de inundación. Será de aplicación obligada a los muelles y pasarelas asociadas a ellos y a las pasarelas y construcciones localizadas en el centro de islas. El límite de construcción se encuentra a +10.5 metros de altura, resultando así posible la construcción de hasta dos plantas.

_ Se debe asegurar la transparencia hidráulica para la libre circulación de las aguas entre los centros de isla y los cursos de agua circundantes. No se admitirán alteraciones del perfil natural de las islas, ya sea mediante rellenos, movimiento de suelos o canalizaciones, así como tampoco la creación de lagunas artificiales o marinas.

_ La línea edificable de fondo se localiza a 30 metros de la línea edificable de frente, hacia el interior de la parcela y limita el área de proyecto de la misma. Cuando por situaciones particulares como la morfología o altimetría de una parcela o por magnitud de un proyecto no fuera posible localizarlo en su área edificable, la línea edificable de fondo podrá ampliarse en una profundidad adicional de hasta 30 metros a condición de cumplir con un 60% de construcción en madera.

_ Se aconseja el uso de la madera en las construcciones y se establece que las estructuras deben estar sobre palafitos (los típicos pilares en los que se asientan las viviendas del Delta), y las casas, elevadas. Este sistema soluciona de modo eficiente y rápido su instalación en el área insular. No se pueden rellenar los albardones ni construir en el centro de las islas. "Esos espacios deben preservarse inundables porque son los que sostiene el humedal isleño".

_ En las islas del Tigre ya no se podrán construir puentes que no sean peatonales así como tampoco estará permitida la circulación vehicular. Las casas particulares y otros emprendimientos podrán tener, como máximo, dos plantas y deberán seguir los lineamientos de la arquitectura sustentable. El plan aboga por un respeto total de la inundabilidad del suelo. Se puede hacer un condominio, con administración común, pero no un barrio cerrado.³⁶

DATOS DE INTERES PARA EL TRASPORTE Y MONTAJE EN ISLA

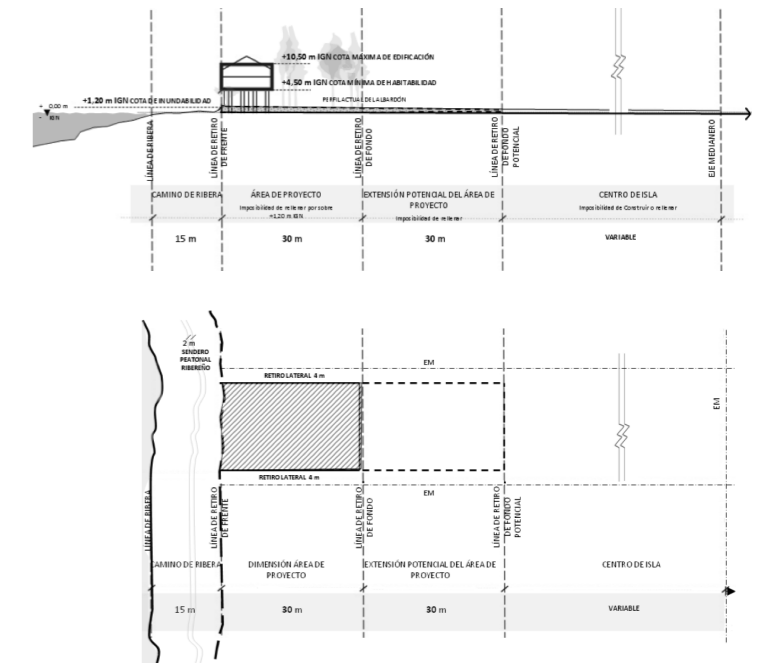
_ Los barcos cargueros soportan hasta 15 toneladas y sus dimensiones usualmente son de 25 x 7 x 1,2 metros. Estos barcos demoran 3 veces más que una embarcación convencional. Es fundamental que la marea esté alta para que la embarcación pueda circular libremente por los afluentes del Delta.

_ Durante la construcción, el personal vive en la isla y se aloja en containers preparados para la vivienda transitoria.

_ Se pueden llevar medios de elevación al Delta (una pluma, que emplazaría las piezas en obra). Hay que tener en cuenta que se paga por día de uso.

CONSTRUCCION SOBRE PLANTA BAJA LIBRE

La colocación de los pilotes estructurales es, dentro de la construcción, uno de los procesos que más tiempo demora, debido a que es un trabajo artesanal y depende de las variables del terreno. Es el único proceso que se debe realizar obligatoriamente en sitio.



36. Fundación Metropolitana, Normativa de Construcciones para el Delta de Tigre, Código de Edificación de Tigre, 2013.

PROYECTO_

El partido de Tigre está situado a 32 km. al norte de la Ciudad de Buenos Aires. El terreno elegido en el Delta del Paraná, próximo a la isla Bajos del Temor (latitud: 34° 18' 20. 44", longitud: 58° 32' 39. 49"O) se encuentra a 30 km. del Puerto de Frutos del Tigre. Será en éste donde los materiales se carguen a las embarcaciones para ser llevados al sitio de implantación.

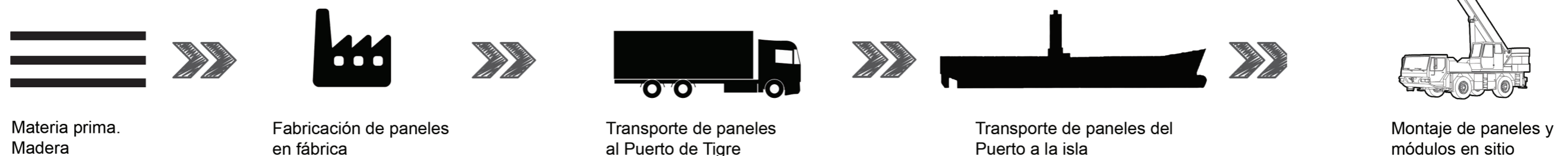
Aspirando a fomentar el uso de la madera proveniente de las provincias de Misiones y Corrientes (mayores predios de forestación certificados del país), he pensado en la posibilidad de una futura implantación de una industria para la prefabricación de estos paneles en los parques industriales de Gualeguaychú o Zárate (se encuentran entre Gobernador Virasoro, ubicación del aserradero Pomera, y el Tigre, de donde se transportarán los paneles). Esta industria, que se valdría de la tecnología del CNC y los sistemas BIM para una mayor complejidad de usos y formas geométricas, estaría destinada a prefabricar paneles contralaminados de madera destinados a la construcción tanto en tierra como en el Delta y sus afluentes.

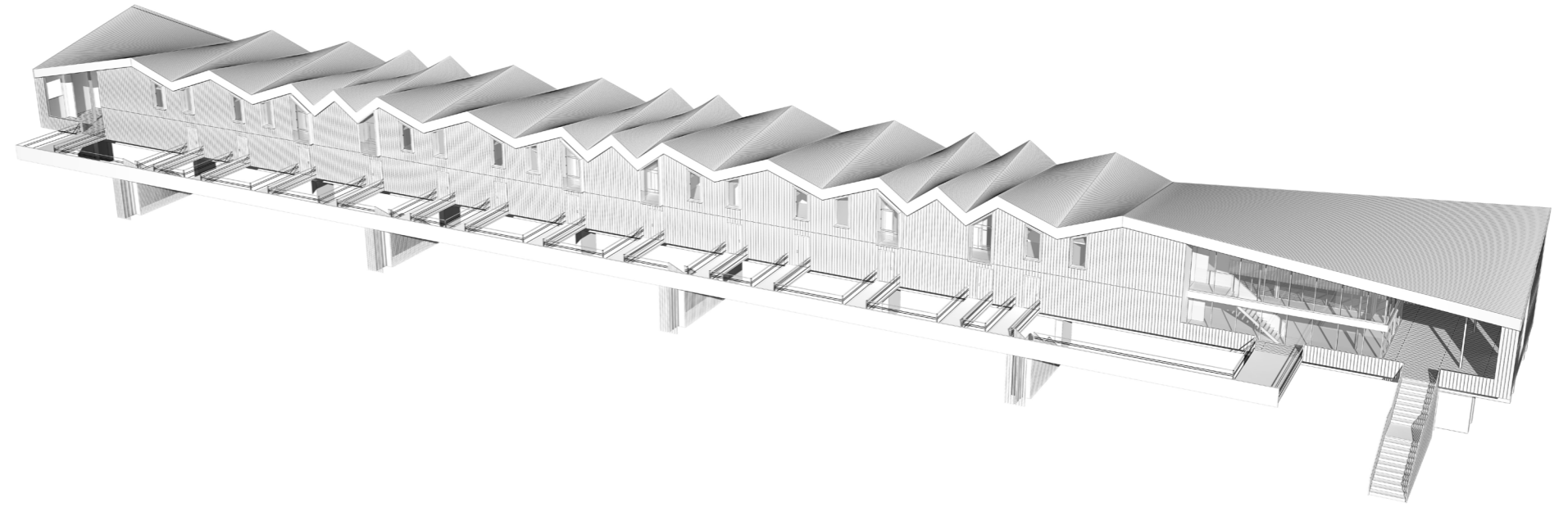
El CLT es un material que resulta una buena solución en el Delta, lugar donde se evidencian la mayor parte de las primeras casas de madera en Argentina. La construcción en CLT resultará en un menor peso estructural que deberá soportar el terreno, lo que debe ser tenido en cuenta no sólo por su cualidad isleña sino también por el hecho de estar situado en el cordón de islas nuevas. Asimismo, como fue presentado durante toda la investigación, este material resulta eficiente en un sitio donde debe trasladarse el material, la mano de obra y los elementos para la construcción (cuantos menos materiales sean necesarios, más fácil, eficiente y menos costoso será el resultado). También, es un lugar donde debe reducirse la huella de carbono, se debe evitar el desperdicio material así como también el impacto ambiental. Para generar un mayor aprovechamiento de la madera, se busca trabajar con el módulo convencional de 2,95m para reducir el desperdicio material, así como también con la medida del camión y la embarcación para el transporte a sitio.

DE LA MATERIA PRIMA A LA VIVIENDA PREFABRICADA

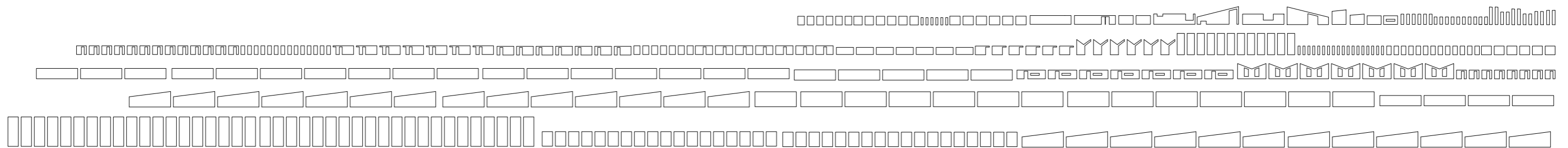
El programa se interpreta de manera tal que la prefabricación como motor proyectual se ve representado en los elementos arquitectónicos planteados. En otras palabras, todo el conjunto de elementos constructivos son prefabricados en la planta industrial de Gualeguaychú y transportados a la isla listos para ser montados: bloques, pilotes, columnas y vigas por la industria hormigonera, la madera contralaminada por la nueva industria a desarrollar e implantada también en dicha planta industrial. Dentro del proceso de la madera, el proceso es el siguiente:

- _ Se extrae la madera de los bosques de forestación certificada ubicados en Gobernador Virasoro
- _ Se transporta la materia prima con camiones hacia la planta industrial ubicada en Gualeguaychú (450 km.)
- _ Se fabrican las capas y posteriormente paneles CLT
- _ Se transportan los paneles, nominados y ordenados en camiones hacia el Puerto de Frutos del Tigre (160 km.)
- _ Se trasladan los paneles de los camiones a los barcos de carga
- _ Se transportan los paneles en embarcación del Puerto de Frutos hacia la isla (30 km.)
- _ Se montan en el sitio los paneles. Es de suma importancia que llegue con los paneles un manual con todas las instrucciones de montaje y con los de las uniones existentes.



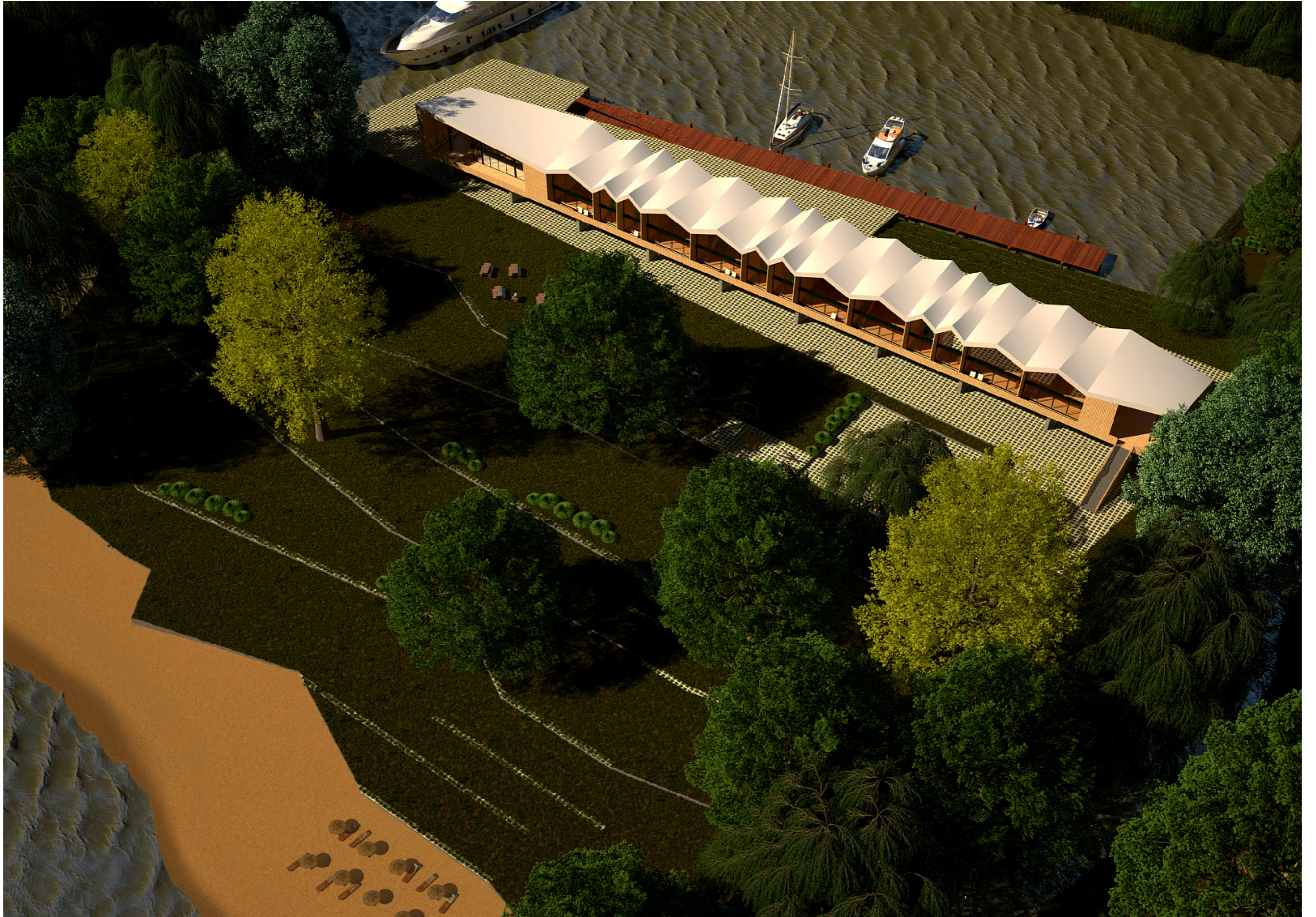


De acuerdo a todo lo investigado, este proyecto busca dar respuesta a un sitio que tiene unas normativas estrictas para su construcción, como también repensar la arquitectura palafítica típica del lugar buscando un nuevo sistema constructivo que no rompa ni con la escala ni con la estética del Delta, proponiendo nuevas soluciones en donde todos los elementos constructivos serán prefabricados y por lo tanto llevados a sitio para su montaje. Esto derivará en una reducción tanto del impacto ambiental como también del impacto en el sitio.





PROYECTO_
PLANTAS, CORTES Y VISTAS



El edificio será implantado sobre una base de columnas y vigas de hormigón prefabricado que serán fundadas en el lecho del río. Estos elementos generan una planta baja libre a +4.25m de altura sobre la cota IGN (cota 0,00 del río) que sirve de acceso al complejo; este gran espacio libre conforma una plataforma inundable, que a la vez podrá ser utilizada como depósitos de elementos náuticos.

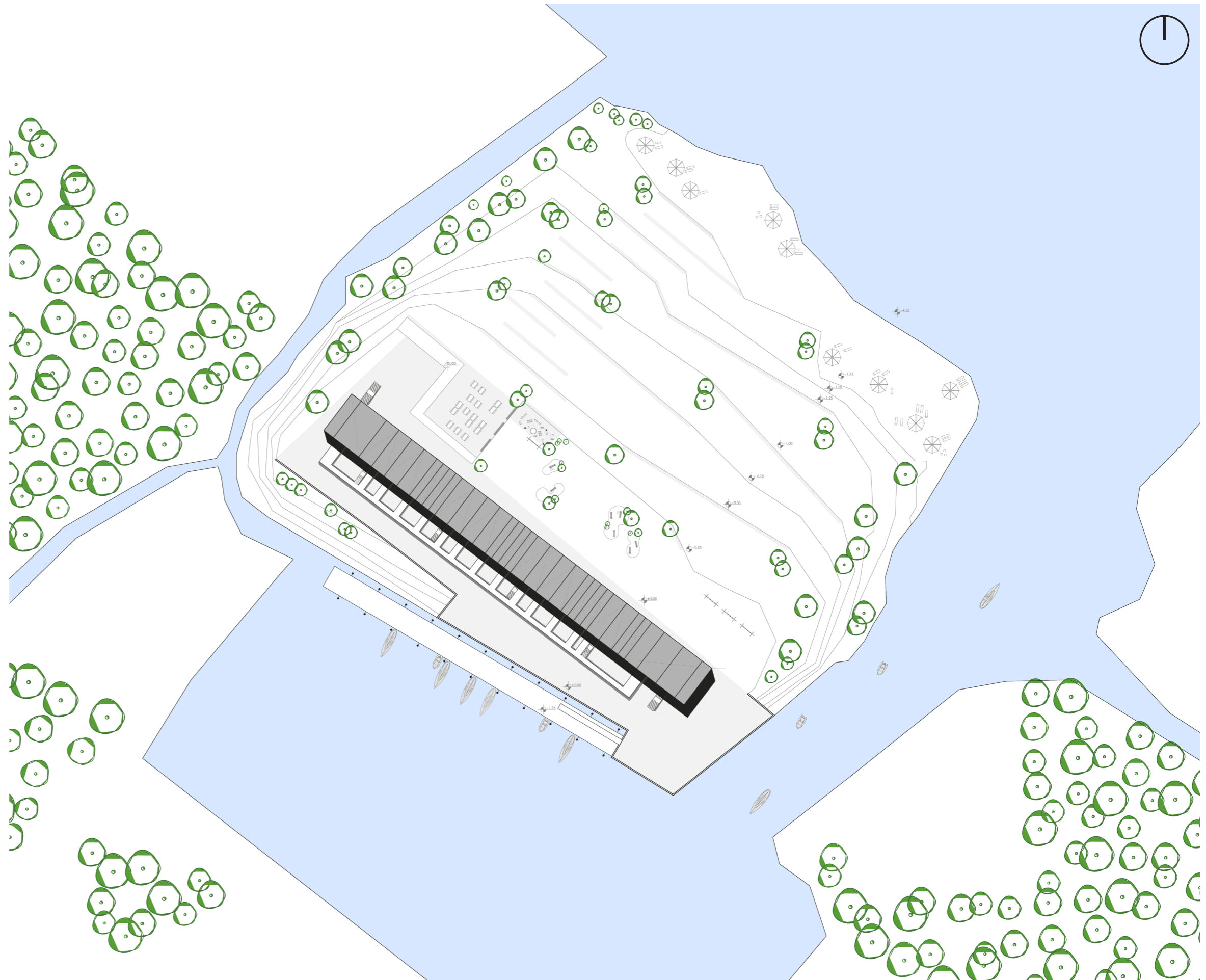
El bloque de viviendas se implantará en un segundo nivel establecido a 3.40 m. sobre la planta baja libre, por lo que el piso de las viviendas estará a una distancia de 7.65m. de la cota IGN. El conjunto habitacional está conformado por 13 unidades unifamiliares, así como también un espacio de usos múltiples con un café, un pequeño mercado y un espacio semicubierto de uso público para los residentes. En la planta baja, el complejo cuenta con parrillas de uso común y, próximo al Río Paraná de las Palmas, el complejo cuenta con una playa de arena. El paisaje se resuelve de este modo de forma natural, es decir que no sufre mayores alteraciones adaptándose así tanto al Plan de Manejo del Delta como a su cualidad topográfica.



El paisaje se resuelve de forma natural, es decir que no sufre mayores alteraciones adaptándose así tanto al Plan de Manejo del Delta como a su cualidad topográfica. El edificio está implantado sobre la cota máxima, ubicándose así como un mirador con respecto al resto de la isla y respondiendo de este modo a la morfología del sitio. Por este motivo, se ha decidido unificar la cota con altura máxima implantando allí al edificio, ubicándolo de este modo a 4.25 metros sobre la cota cero IGN. Se ha construido un tablestacado que contiene al terreno.

Las diferencias de cotas de nivel, de 0.25m, están absorbidas por una explanada compuesta por bloques de hormigón prefabricados rellenos con césped según el lugar donde se encuentren. Estos mismos bloques son los que componen la plataforma en la que se implanta el edificio.

La vegetación, como en este sector del Delta, está compuesta tanto por árboles como por yuyos y yuncos. Con respecto a los árboles, se pueden encontrar casuarinas, sarandi, tilias, quercus y cleveras. Los yuyos y yuncos se encuentran sobre las cotas más bajas, próximas al agua.



IMPLANTACIÓN. PLANTA TECHOS
ESC: 1.1000

Siguiendo las reglamentaciones del lugar y las formas de edificación en zonas insulares, se ha proyectado un edificio con planta baja libre, conformándose ésta como una gran plataforma de acceso al sitio.

En la planta baja libre es donde se encuentra tanto el acceso de las embarcaciones al sitio, como también el acceso a las viviendas y a los espacios comunes en altura. Dos escaleras, una sobre cada fachada, conducen al usuario a las zonas comunes. Alineadas a la estructura, otras cuatro escaleras ubicadas sobre la fachada sur-oeste se conectan a una pasarela en altura que conduce a pasarelas individuales para cada departamento así como también a las zonas comunes del edificio.

Se ha utilizado la estructura también para albergar espacios de guardado para mobiliario exterior, servicio y elementos marítimos.

Sobre la fachada norte, se ha generado un espacio de parrillas y juegos para niños. La disposición de los bloques de hormigón dentro del sitio dialogan con la vegetación generando diversos espacios de contemplación y estar.

La cota más próxima al agua, del lado Norte de la isla, que mira al Río Paraná de las Palmas, crea una playa para los usuarios del edificio.



IMPLANTACIÓN. PLANTA BAJA
ESC: 1.500

La composición de la planta se funda en dos principios rectores: el módulo del CLT y la luz máxima que el material permite cubrir sin apoyos. Con respecto al módulo, se ha tomado la medida del ancho de la madera que es de 2.95m y de allí una grilla estructural para dividir los ambientes. Con respecto a la luz, se ha calculado una distancia máxima entre apoyos de 8.12m, siendo ésta la distancia máxima permitida estructuralmente. Por lo tanto, estructuralmente el edificio funciona de manera unidireccional.

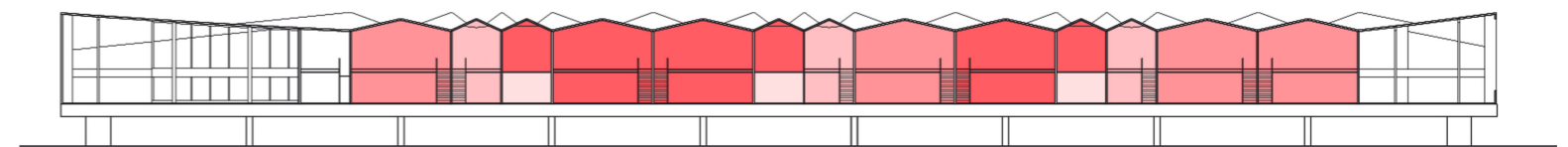
El edificio, cuyas dimensiones son de 117.42m de largo por 11.91m de ancho, sigue la lógica basada en la construcción por paneles, todas las viviendas se encuentran moduladas de manera tal de que la modulación de los paneles se repitan a lo largo del edificio. Vale destacar que el ancho del edificio está determinado por cuatro módulos de CLT (2.95m x 4).

Se ha buscado generar una planta compacta y eficiente en términos estructurales y compositivos, es decir la reducción máxima de tipos de paneles, resultando así que cada unidad se compone aproximadamente de 20 paneles, de los cuales algunos de ellos aparecen repetidos. Los extremos, que contienen programas sociales, se resuelven con una lógica diferente, teniendo apoyos puntuales conformados por perfiles C metálicos para proporcionar una mayor luz entre apoyos sin tabiques para generar grandes superficies y para poder sostener tanto la cubierta como el entrepiso de CLT ubicado del lado sur mediante unas vigas de CLT intermedias. El acceso a las unidades se proporciona mediante unas escaleras situadas cada dos módulos estructurales, que desembocan en una pasarela en altura y conducen a los usuarios a las viviendas y a las partes comunes en altura.

El edificio se compone de dos esquemas estructurales, uno de 4m y el otro de 8.12m, siendo éstos modulares (las divisiones entre departamentos están conformadas por paneles CLT de 120 mm). De esta conformación y cumpliendo siempre con una misma cuadrícula estructural y proyectual de 2.9m, se han generado cuatro tipologías de vivienda, buscando como motor proyectual maximizar la estandarización de paneles, fachadas, baños y cocinas. En su mayoría con espacios en doble altura, se ha buscado resaltar la visual hacia el exterior y los espacios comunes dentro de las unidades. Asimismo, ventanas y vanos se ubicaron de manera que se genere ventilación cruzada constante en todos los ambientes.

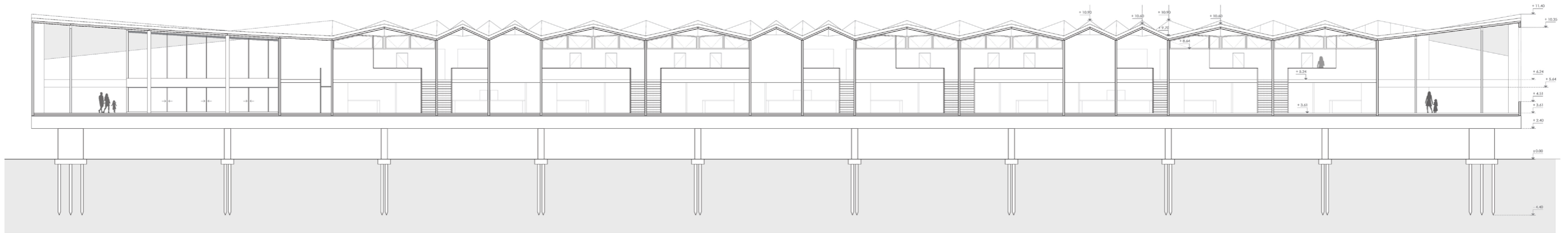
- _ 1 ambiente: 47.20m². Conformado por una planta dentro del esquema de los 4m.
- _ 1 dormitorio: 71m². Dos plantas. Conformado por dos plantas dentro del esquema de los 4m.
- _ 2 dormitorios: 144m². Dos plantas. Conformado por dos plantas dentro del esquema de los 8.12m.
- _ 3 dormitorios: 167.80m². Dos plantas. Conformado por dos plantas del esquema de los 8.12m más la planta alta del esquema de los 4m.

La cubierta del edificio está compuesta según la lógica de las superficies regladas, es decir que son placas curvadas en el espacio. Siguiendo al módulo estructural, la cubierta se desarrolla con la misma madera contralaminada pero esta vez, modelada en fábrica con una cimbra metálica que hace de soporte para poder curvar el techo alveado. Del punto medio al punto más bajo de cada una de las superficies sobre fachada se encuentran las canaletas para poder escurrir el agua. Su recubrimiento exterior es de chapa galvanizada prepintada blanca para absorber de este modo la menor cantidad de radiación solar posible y para propiciar una temperatura más estable en el interior del edificio. A partir de la disposición interna de los ambientes, la cubierta responde generando una espacialidad acorde, estando sus puntos altos sobre la fachada sur-oeste en los dormitorios y en la fachada nor-este en el centro de la doble altura; y sus puntos bajos en la zona húmeda y en los extremos de cada unidad.



De este modo, puede decirse que se ha trabajado en tres escalas: módulo, unidad, conjunto; módulo material/módulo funcional, unidad de vivienda, habitación colectiva.

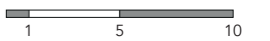




CORTE LONGITUDINAL. A-A



CORTE LONGITUDINAL. B-B





CORTE IMPLANTACION GENERAL C-C



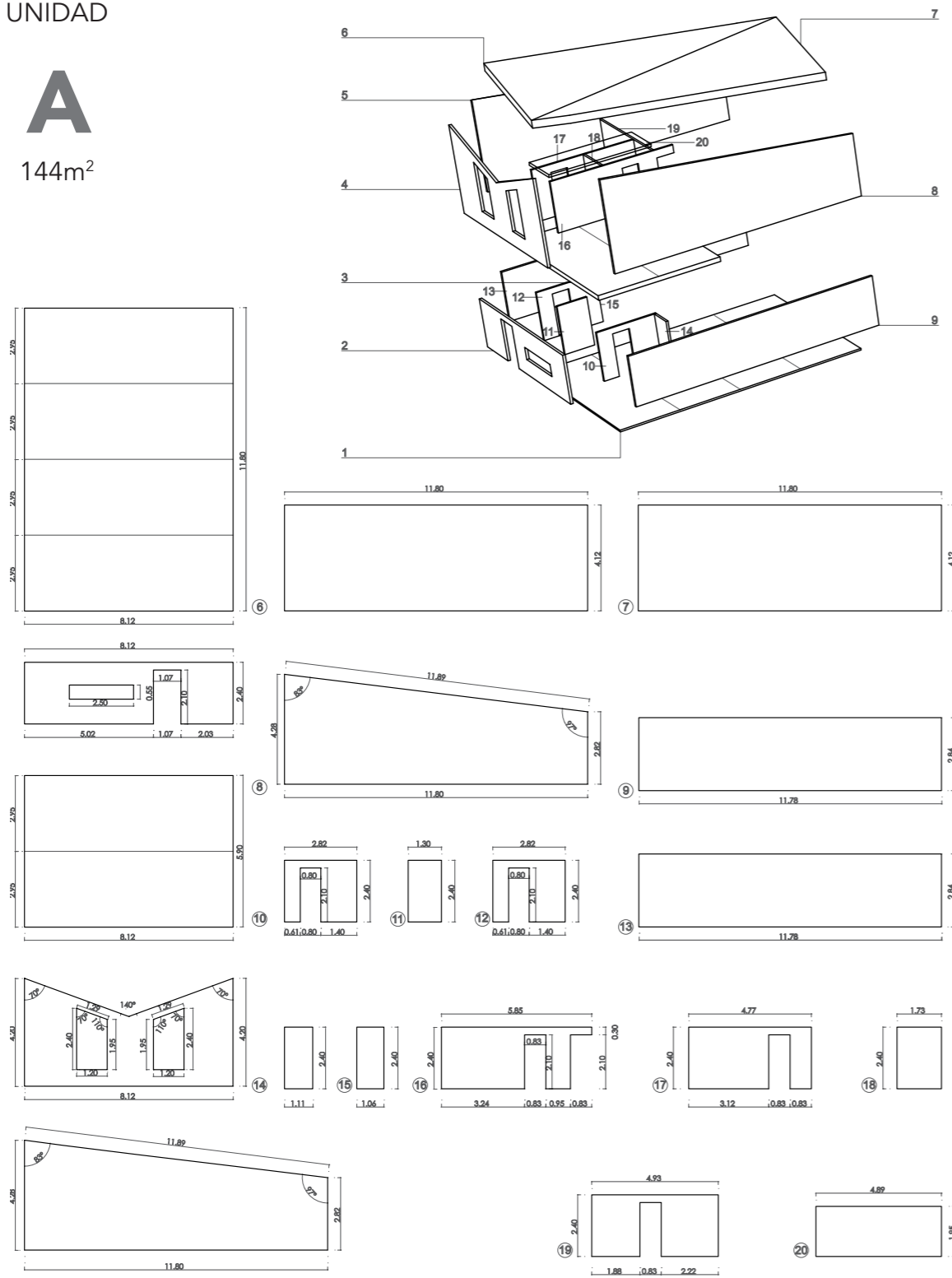


PROYECTO_ PREFABRICACION

UNIDAD

A

144m²

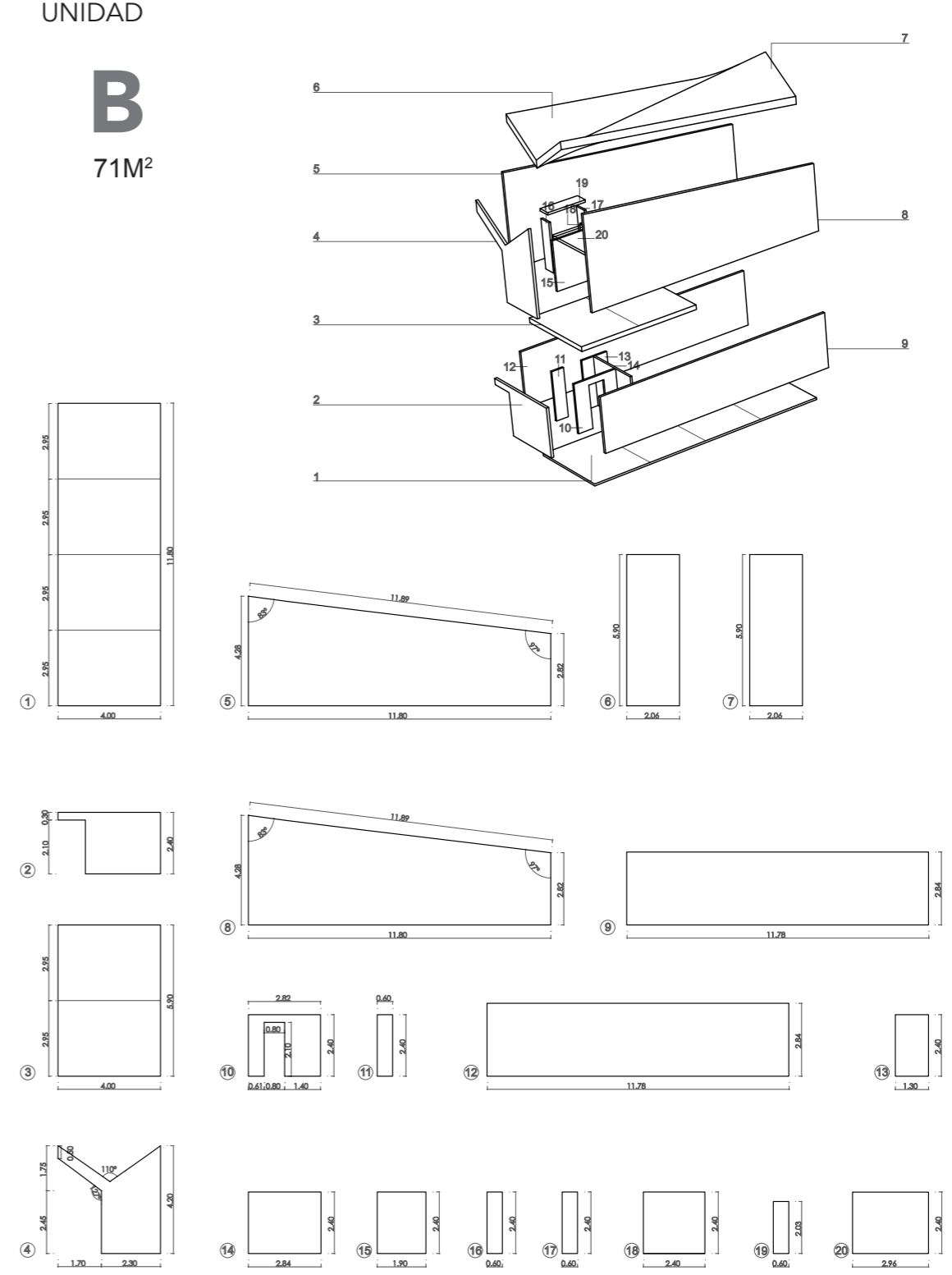


- _ Cantidad de piezas: 20
- _ Pieza 1=3/5=8/6=7/9=13/10=12
- _ Total piezas distintas: 15

UNIDAD

B

71M²



- _ Cantidad de piezas: 20
- _ Pieza 1=3/5=8/6=7/9=12/11=16=17
- _ Total piezas distintas: 14

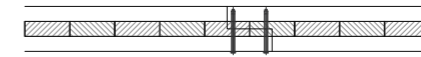
- _ Cantidad de piezas: 20
- _ A5=A8=B5=B8
- _ A9=A13=B9=B12
- _ A10=A12=B10

DESPIECE DE MODULO 8,12 M. Y 4 M.

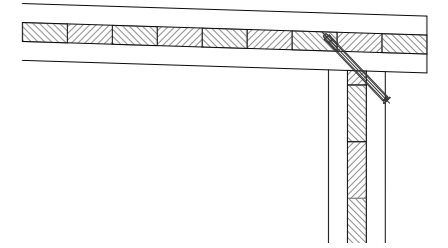


UNIDAD MODULO 4 M.

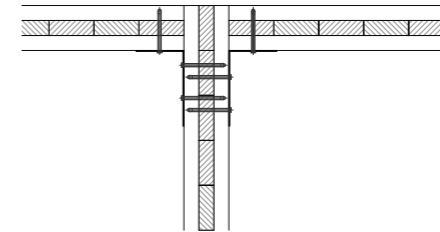
1		6.26m ²
2		5.94m ²
3		4.84m ²
4		7.08m ²
5		5.62m ²
6		7.86m ²
7		3.40m ²
8		13.20m ²
9		13.86m ²
10		8.20m ²
11		9.60m ²
12		10.81m ²
13		15.28m ²
14		33.35m ²
15		28.84m ²
16		30.47m ²
17		28.73m ²
18		19.78m ²
19		23.85m ²
20		28.35m ²
21		42.60m ²
22		7.38m ²
23		34.56m ²
24		27.36m ²
25		40.80m ²
26		40.30m ²
27		25.92m ²
28		145.80m ²
29		52.86m ²
30		44.10m ²
31		66.71m ²
32		82.60m ²
33		29.05m ²
34		67.90m ²
35		91m ²
36		17.71m ²
37		18.48m ²
38		107.10m ²
39		159.60m ²
40		109.20m ²
41		869.70m ²
42		680.40m ²
43		1086.80m ²
44		425.88m ²
45		1008m ²
Cantidad de piezas utilizadas		356
M² de CLT 120mm		2443.65m²
M² de CLT 95mm		3005.93m²



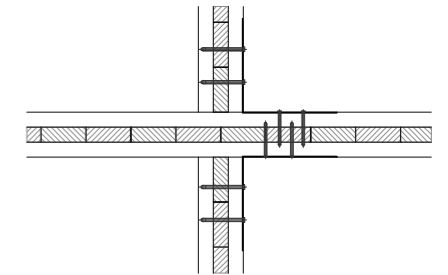
Machimbrado dos paneles CLT



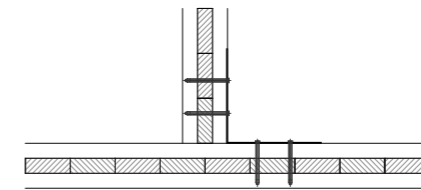
Unión fachada-cubierta



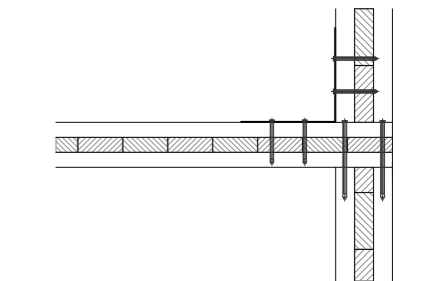
Unión losas-tabique estructural



Unión losa- tabiques interiores



Unión tabique- losa estructural



Unión losa estructural entrepiso-fachada



Unión losa estructural primer piso-fachada

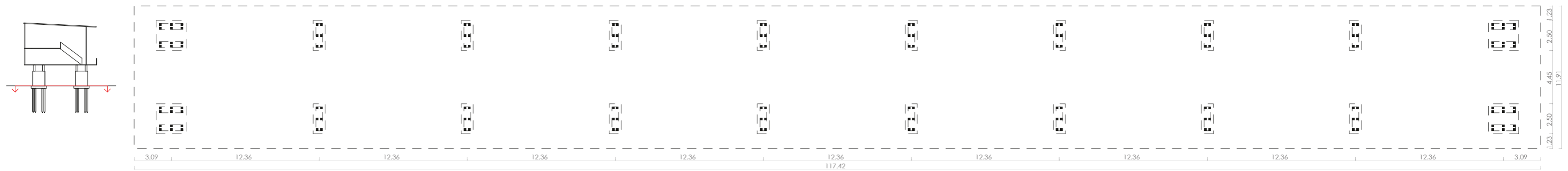
DETALLES UNIONES

Tipos de detalles	07
Tornillos utilizados	2200
Escuadras metálicas	500
Peso total de CLT (470 kg/m²)	270 toneladas

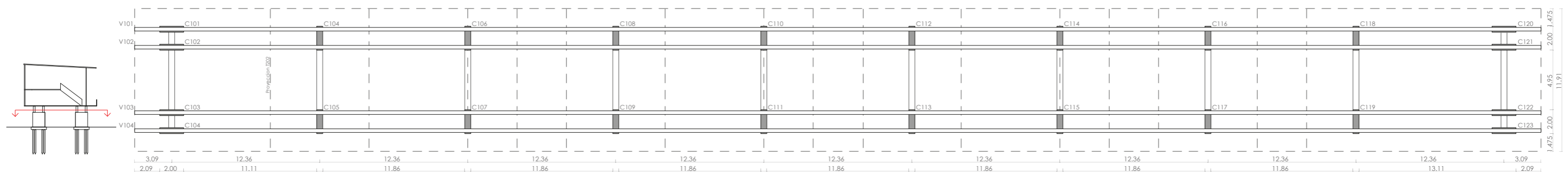


PROYECTO_
ESTRUCTURA

El edificio se implanta sobre una base de hormigón prefabricado compuesta por pilotes-columnas-vigas, transportados todos a la isla para ser montados. Sobre esta estructura, se implanta el edificio de CLT. La lógica del material indica que se coloca piso-pared-piso sucesivamente, por lo tanto ese será el modo constructivo. Tomando los apoyos a distancias máximas de 8.12m, sobre el forjado de 95mm se ubican los paneles estructurales de 120mm, mientras que los tabiques interiores son de 95mm. Los tabiques internos funcionan junto a la estructura portante como conjunto, haciéndose cargo de tomar cargas y liberar a otros muros para rigidizar aún más la planta, como también para permitir agrandar las superficies de los locales o las aberturas. La cubierta, realizada según la lógica de las superficies regladas, se apoya siempre sobre los tabiques verticales estructurales, pero a su vez trabaja por forma siendo posible que cada dos apoyos hayan dos paneles de cubierta.

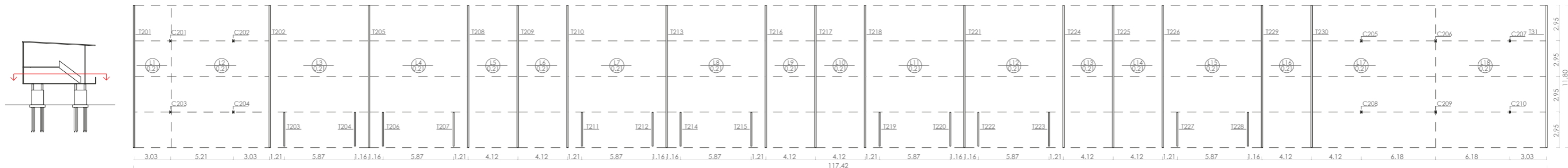


PLANO FUNDACIONES

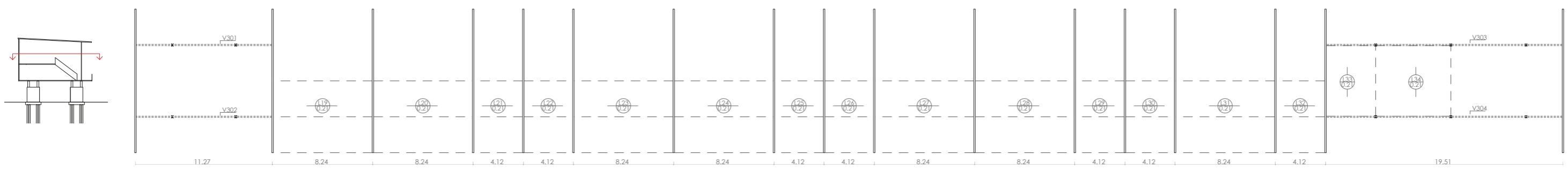


PLANO SOBRE PLANTA BAJA (ESQUEMA VIGAS Y COLUMNAS. ESTRUCTURA DE HORMIGON)

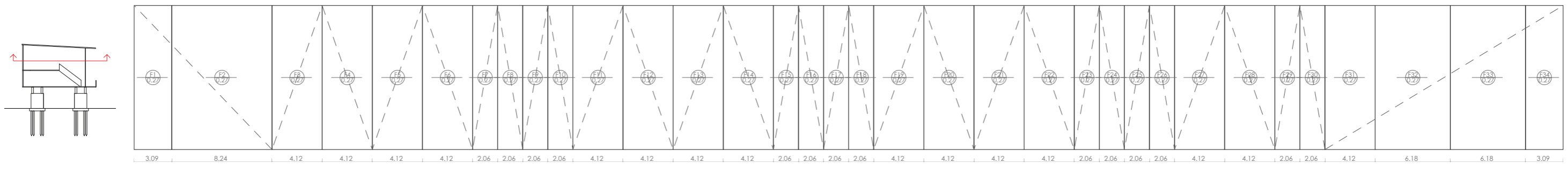




PLANO SOBRE PLANTA BAJA (ESTRUCTURA CLT)



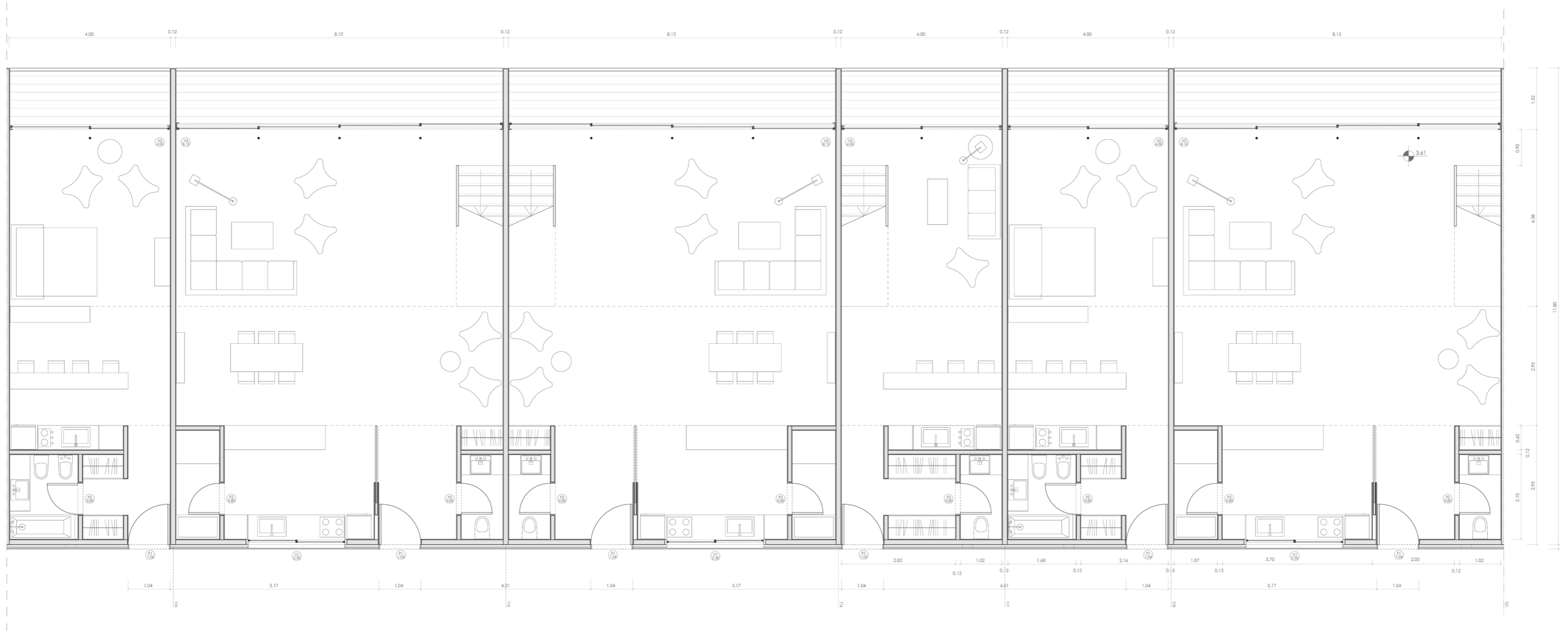
PLANO SOBRE PRIMER PISO



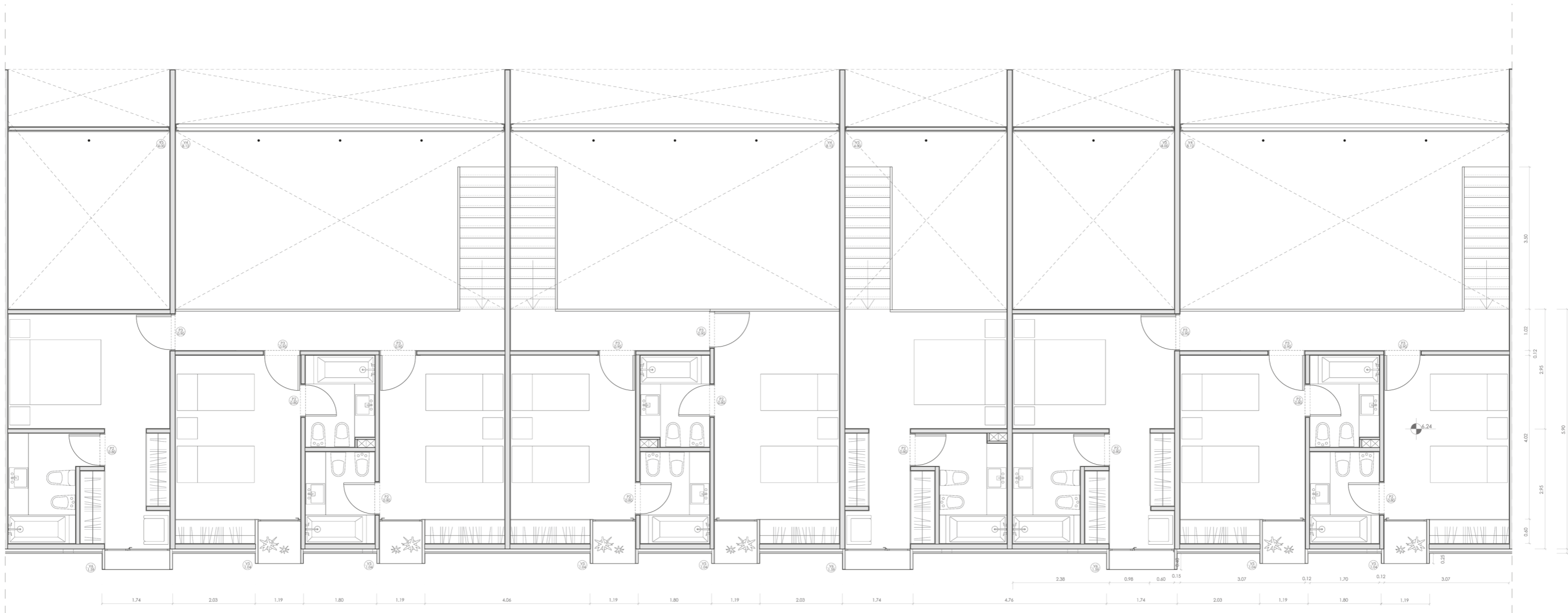
PLANO SOBRE SEGUNDO PISO



PROYECTO_
DETALLES

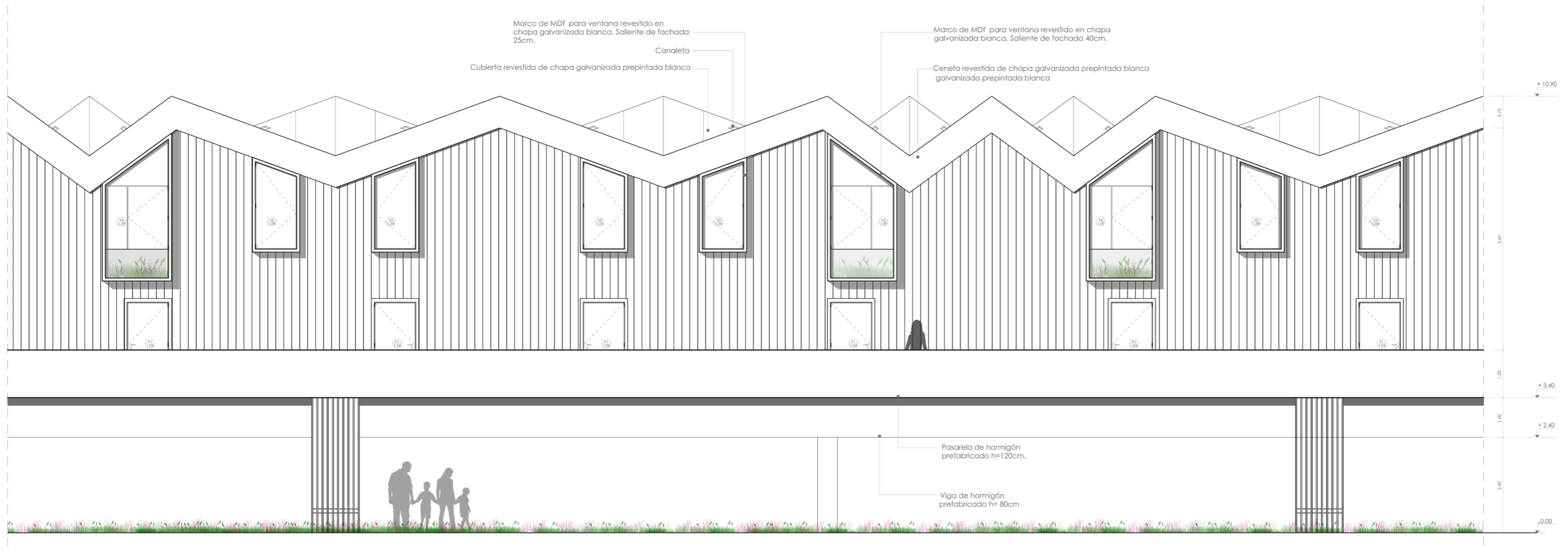


DETALLE SECTOR. PRIMER PISO
 ESC: 1.100

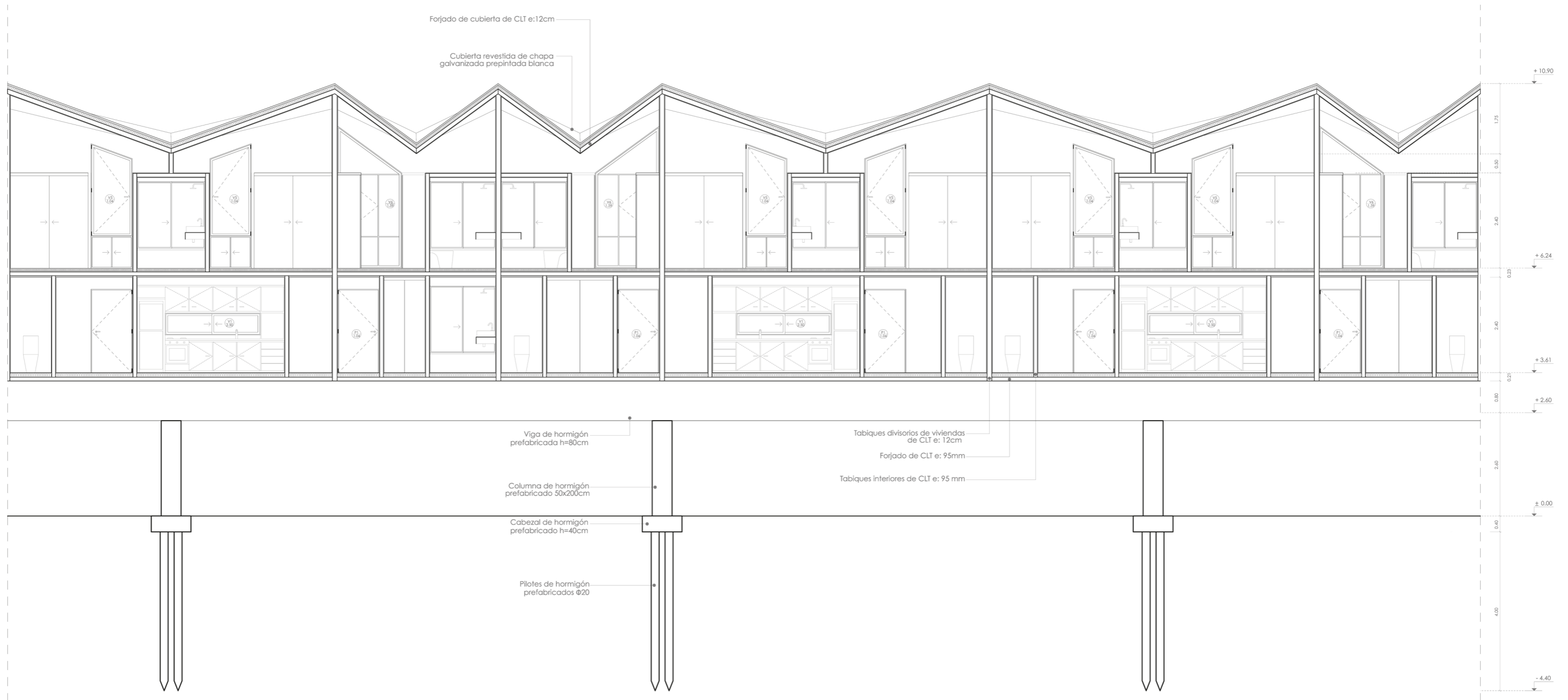


DETALLE SECTOR. SEGUNDO PISO
 ESC: 1.100

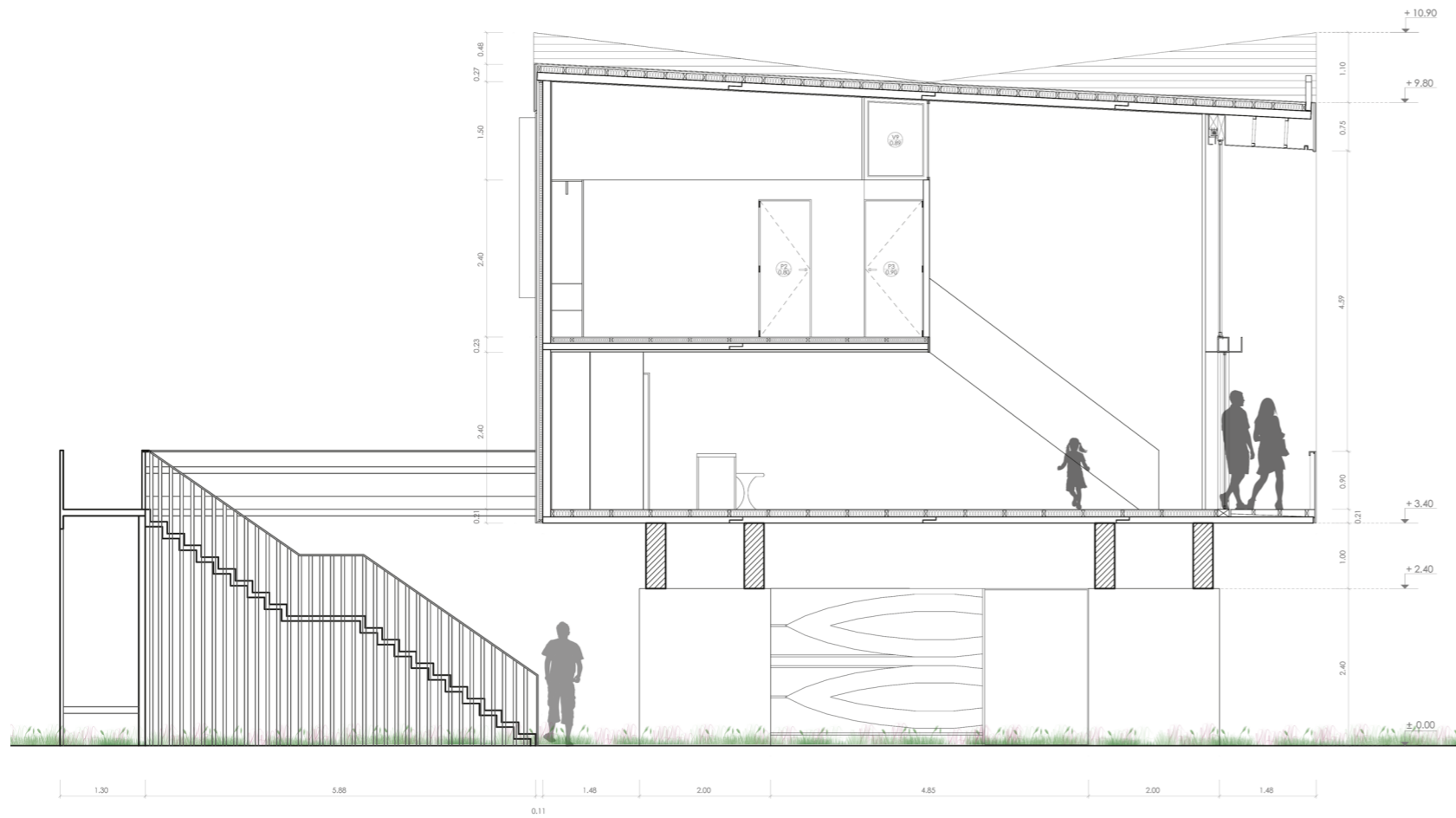




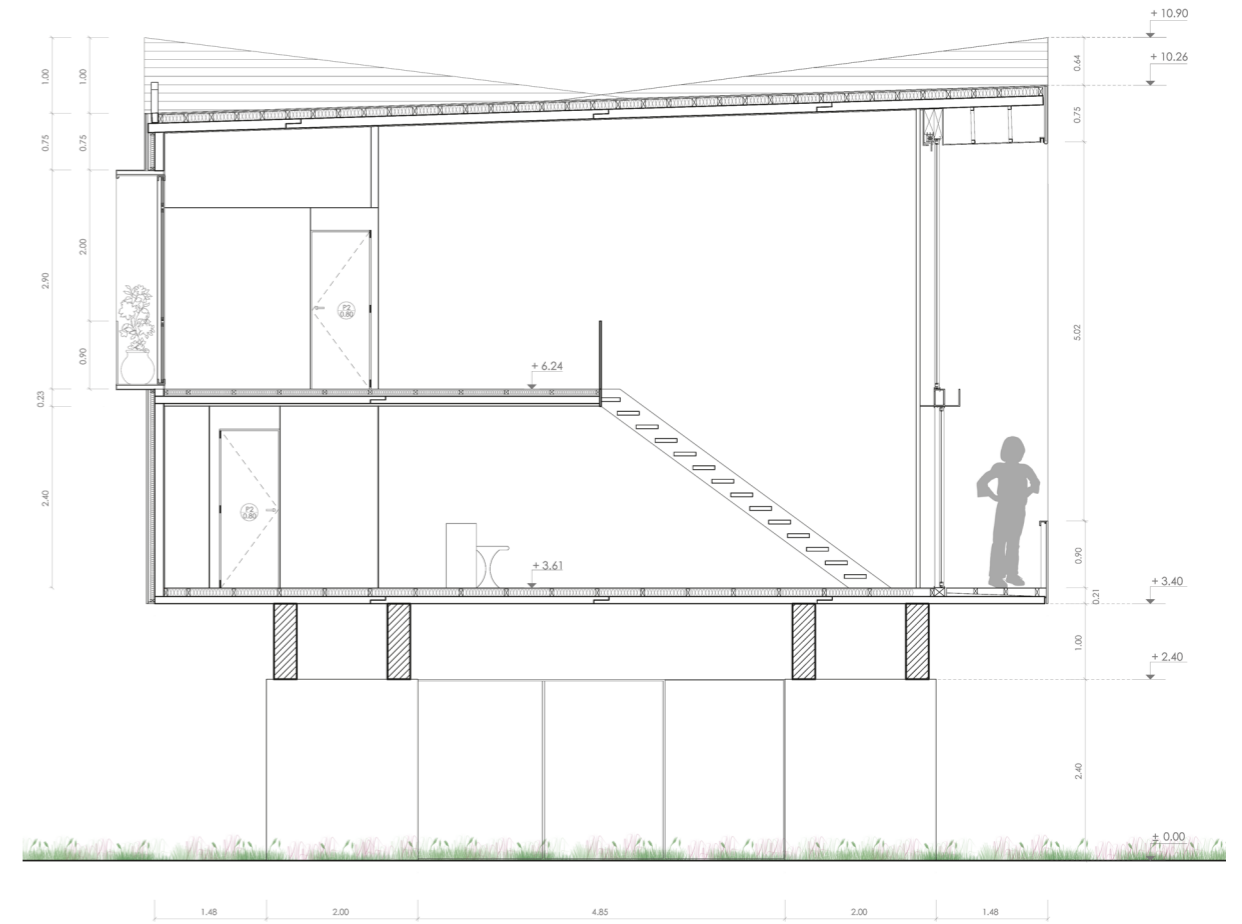
DETALLE SECTOR. VISTA SUR-OESTE
 ESC: 1.100



DETALLE SECTOR. CORTE LONGITUDINAL B-B
 ESC: 1.125

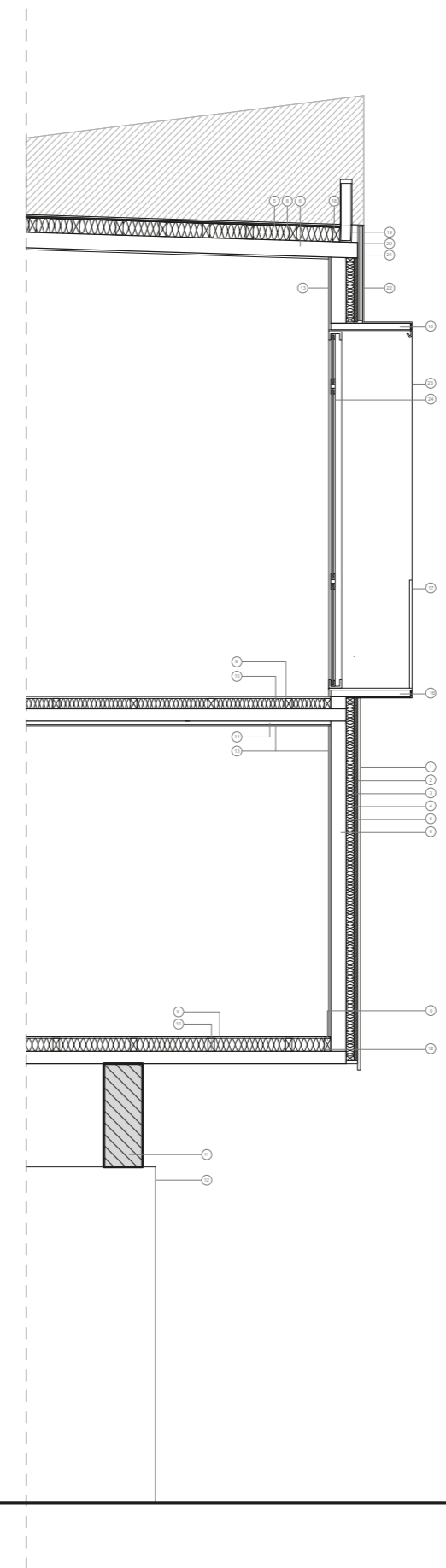
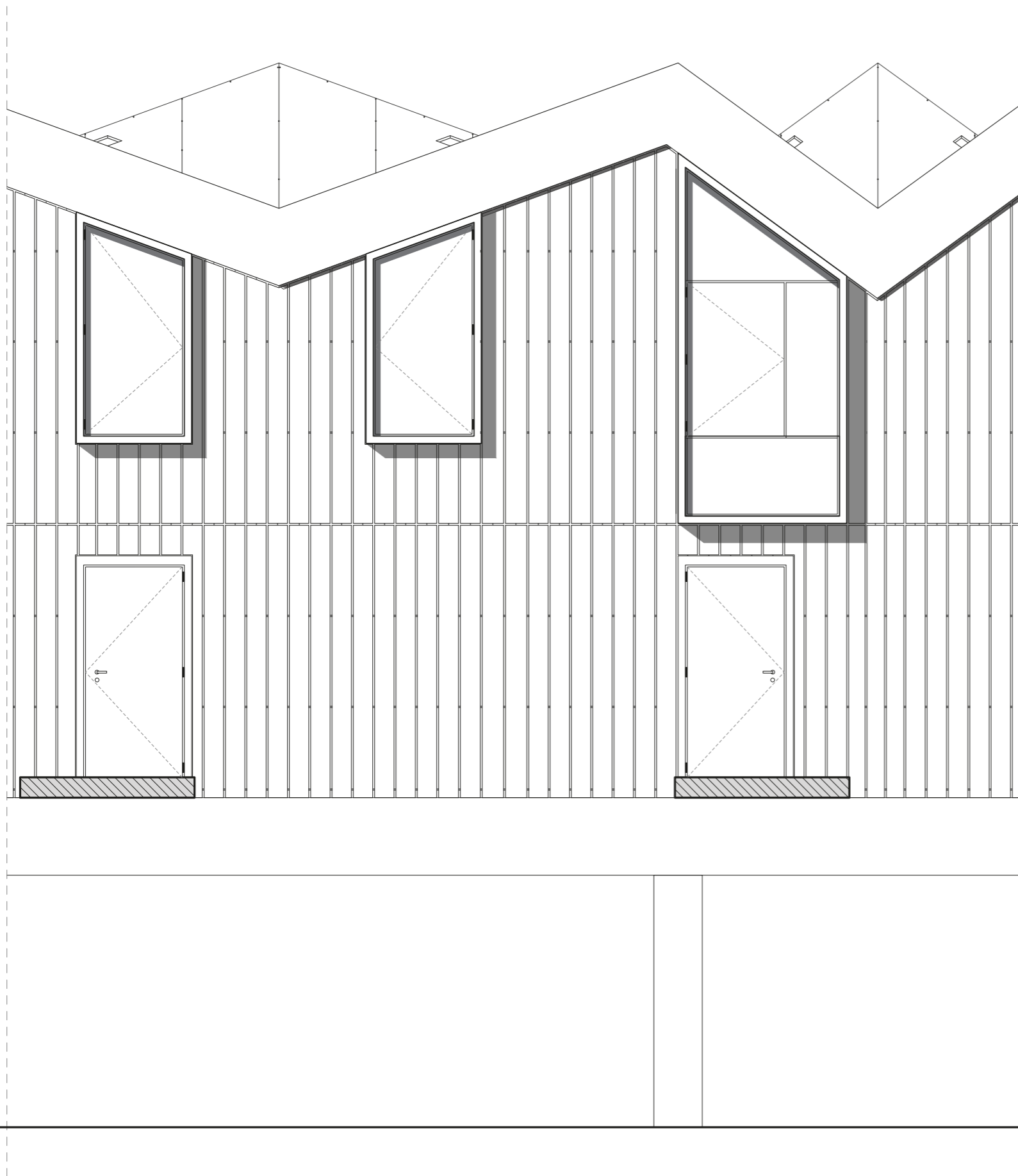


DETALLE SECTOR. CORTE C-C
ESC: 1.125



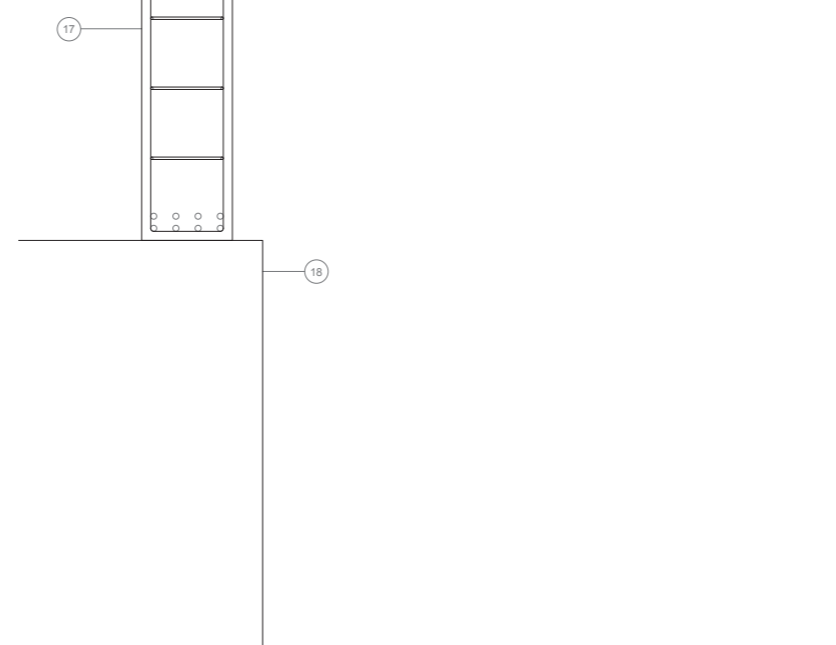
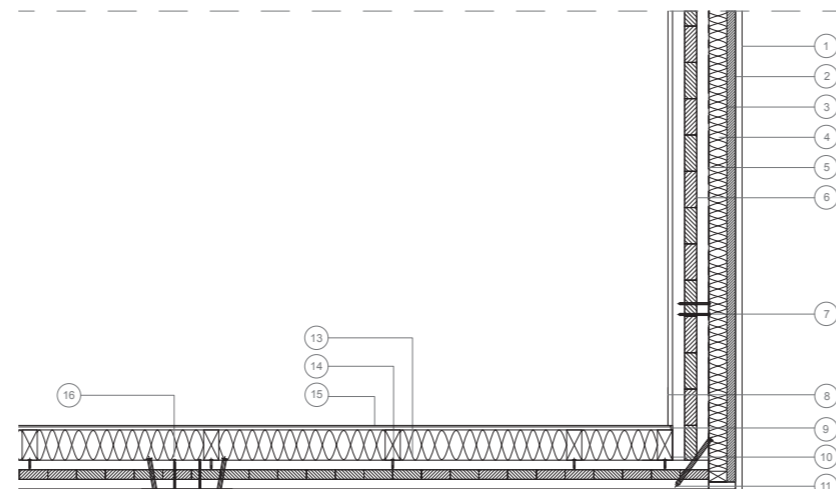
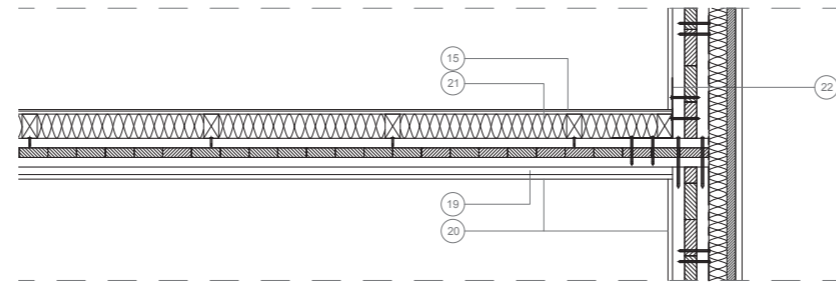
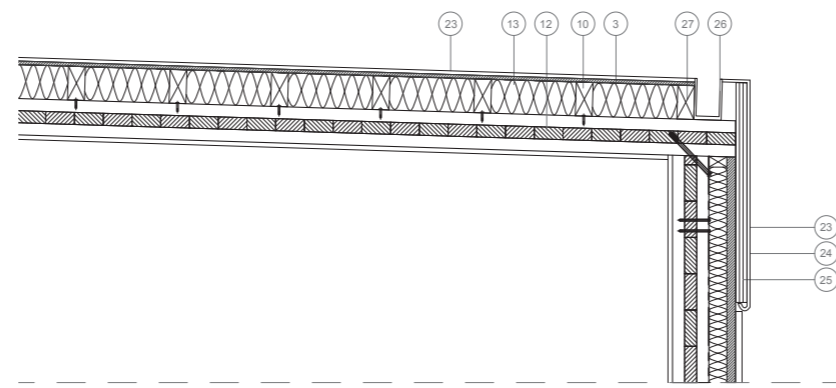
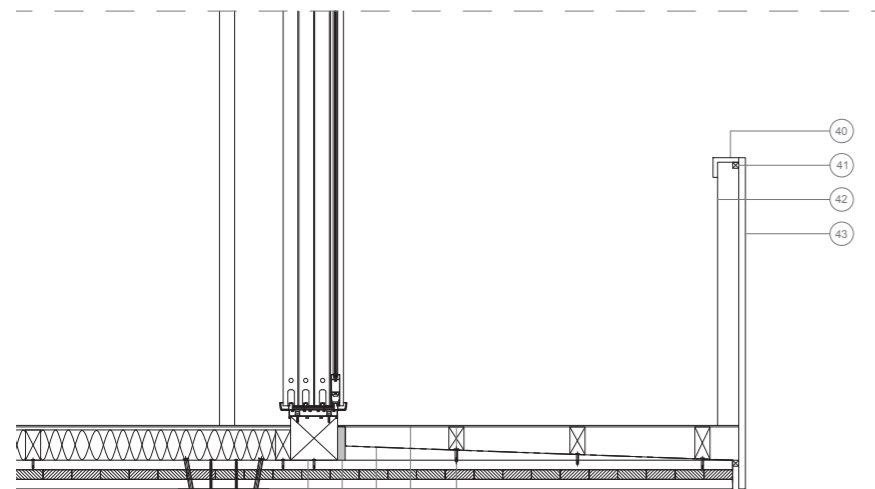
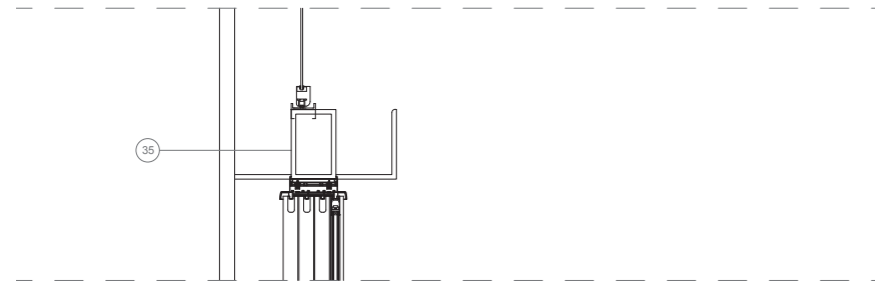
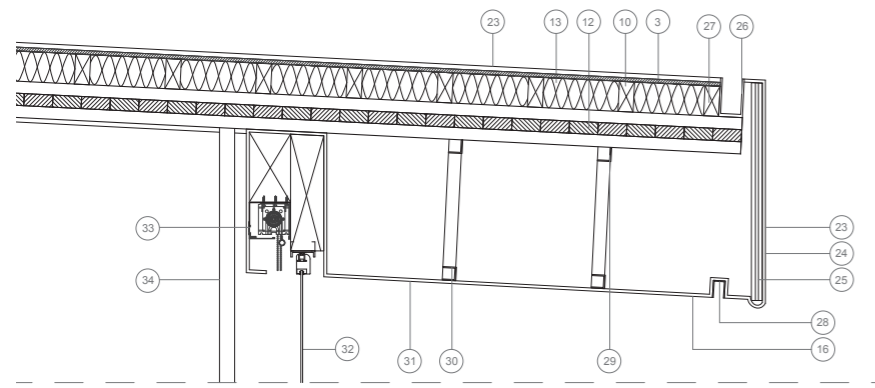
DETALLE SECTOR. CORTE D-D
ESC: 1.125





1. Revestimiento vertical de madera de pino de 22x220. fijado mecánicamente con tornillos de acero inoxidable
2. Rastreles de madera 28x38 mm. contrachapado hidrófugo
3. Freno de viento
4. Aislante de polietileno expandido de alta densidad (20kg/m3) e=60 mm
5. Lamina impermeable y transpirable tipo Tybek
6. Tabique estructural macizo de madera KLH DL 120 (Transmicion termica U=0,92 w/(m2K). (o Ego-CLT 120)
7. Listones de madera de 4" x 2"
8. Aislante de polietileno expandido de alta densidad (20kg/m3) e=100 mm
9. Placas revestimiento piso interior de MDF
10. Bases del pedestal fijadas mecanicamente al suelo estructural
11. viga prefabricada de hormigón 30x80cm. 8 Ø25
12. Columna prefabricada de hormigón 50x200cm
13. Revestimiento interior de MDF 15mm
14. Aislación 25 mm
15. Aislante de polietileno expandido de alta densidad e=80mm
16. Contramarco 5 mm
17. Baranda de vidrio h= 90cm
18. Machimbre 1/2 "
19. Canaleta. Perfil U 12x8 mm.
20. Rastrel de madera 18mm
21. Chapa galvanizada prepintada blanca
22. Cenefa metálica h=75cm
23. Marco de ventana. Exterior revestido en chapa galvanizada prepintada blanca, por dentro madera de pino.
24. Ventana DVH 5+5 aluminio

VISTA - CORTE SECTOR FACHADA
ESC: 1.50

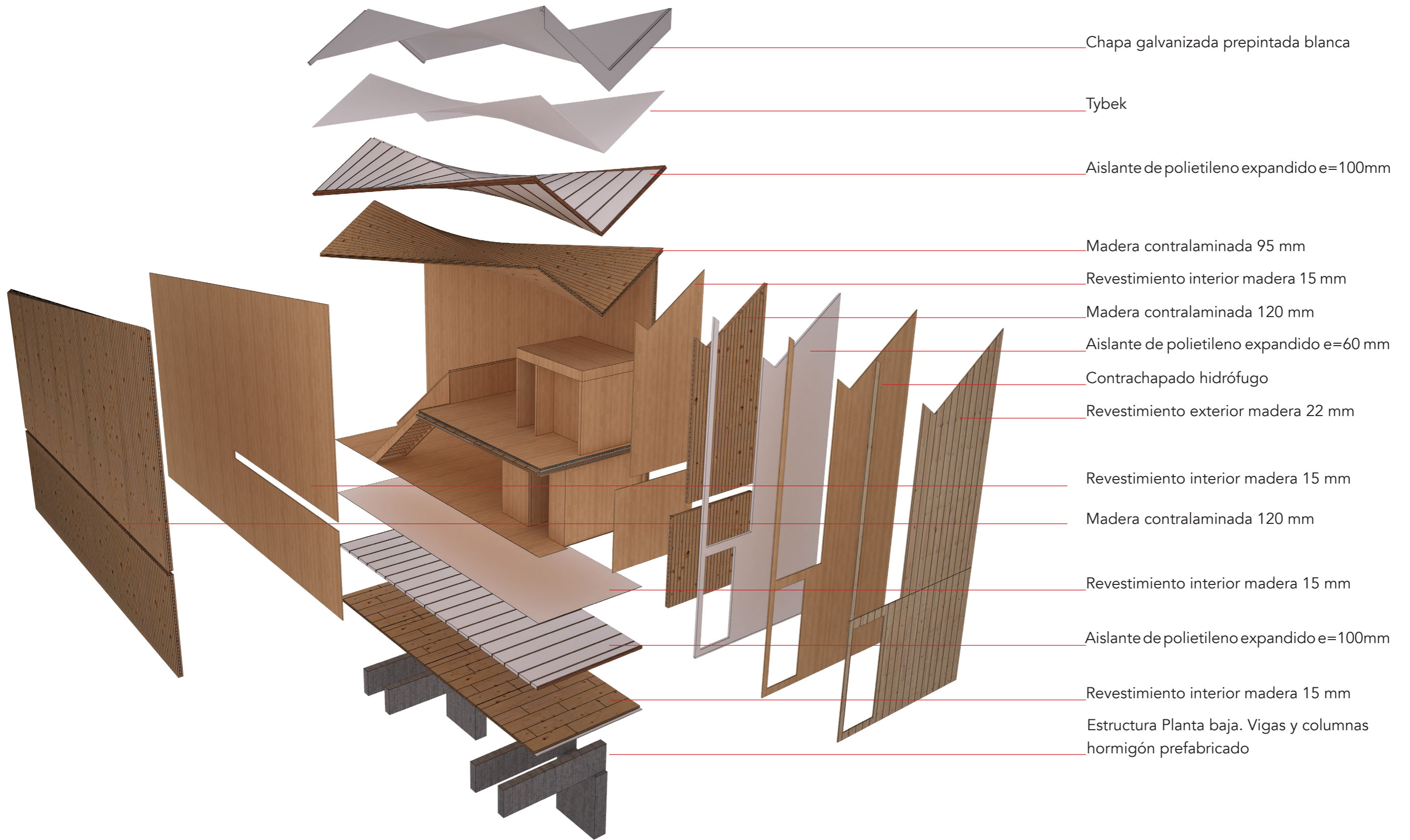


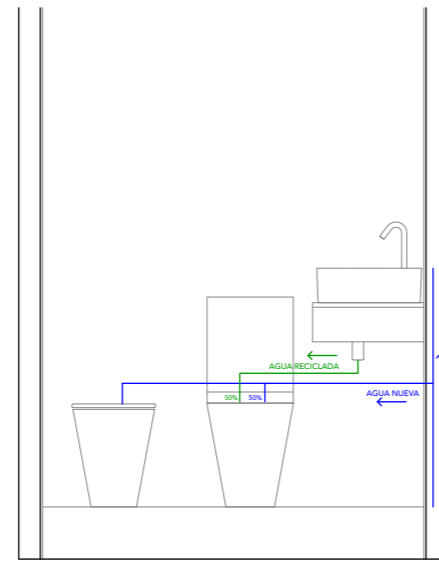
1. Revestimiento vertical de madera de pino de 22x220cm fijado mecánicamente con tornillos de acero inoxidable.
2. Rastreles de madera 28x38 mm. contrachapado hidrofugo.
3. Freno de viento.
4. Aislante de polietileno expandido de alta densidad (20kg/m3) e=60 mm.
5. Lamina impermeable y transpirable tipo Tybek.
6. Tabique estructural macizo de madera KLH DL 120 (Transmicion termica U=0,92 w/(m2K). (o Ego-CLT 120).
7. Union forjado con tirafondos tipo WT 2/200 1UD/150 y tornillos autotaladrante Ø6/150 1UD/150.
8. Panel cortado con cinta de aluminio aplicado en el borde.
9. Junta de neoprene.
10. Listones de madera de 4" x 2".
11. Union de forjado con solera. Tornillos tirafondos anclados en diagonal Ø6/120 1UD/200.
12. Tabique estructural macizo de madera KLH DL 95 (Transmicion termica U=0,769 w/(m2K). (o Ego-CLT 95).
13. Aislante de polietileno expandido de alta densidad (20kg/m3) e=100 mm
14. Bases del pedestal fijadas mecánicamente al suelo estructural.
15. Placa MDF 15 mm.
16. Anclaje atornillable con cabeza hexagonal (conexión al hormigón).
17. Viga prefabricada de hormigón 30 x 50 cm. 8 Ø20, 12 Ø8.
18. Columna prefabricada de hormigón 50 x 200 cm. h=2.40 m.
19. Aislación 25 mm.
20. Revestimiento interior. Enchapado de Roble Niagara.
21. Aislante de polietileno expandido de alta densidad (20kg/m3) e=80 mm.
22. Escuadra metálica para anclaje de tornillos.
23. Chapa galvanizada prepintada blanca. Tipo marca Metal grande 20mm blanco nieve o similar.
24. Cenefa metálica h=75cm.
25. Rastrel de madera 18mm.
26. Perfil metálico U 12x8 mm. Canaleta de desagüe.
27. Machimbre 1/2".
28. Perfil metálico U 2x2.5mm. Canaleta de desagüe.
29. Perfiles L para cielorraso suspendido.
30. Perfiles C para cielorraso suspendido.
31. Cielorraso suspendido Durlock 27cm revestido en madera de pino.
32. Ventana DVH 5+5. Paño fijo. Carpintería de aluminio sistema A30new, Aluar.
33. Cortina a motor Black-out Hunter Douglas longitud 8m.
34. perfil tubular Ø50mm.
35. Perfil L anclado a perfil rectangular de ambos lados. Fijación para carpintería.
36. Ventana DVH 5+5. Ventana corrediza 4 hojas. Carpintería de aluminio sistema A30new, Aluar.
37. Perfil rectangular. Soporte de carpintería.
38. Telgopor.
39. Deck madera exterior 5mm.
40. Perfil L. Baranda.
41. Listones de madera 1"x 1". Soporte fachada/baranda horizontalmente.
42. Perfil rectangular 5"x 5" en extremos de cada unidad. Soporte fachada/baranda.
43. Fachada. Revestimiento vertical de padera de pino de 22x140cm fijado mecánicamente con tornillos de acero inoxidable.

DETALLE CONSTRUCTIVO CORTE C-C
ESC: 1.25



DETALLE CONSTRUCTIVO
UNIDAD MODULO 4M.

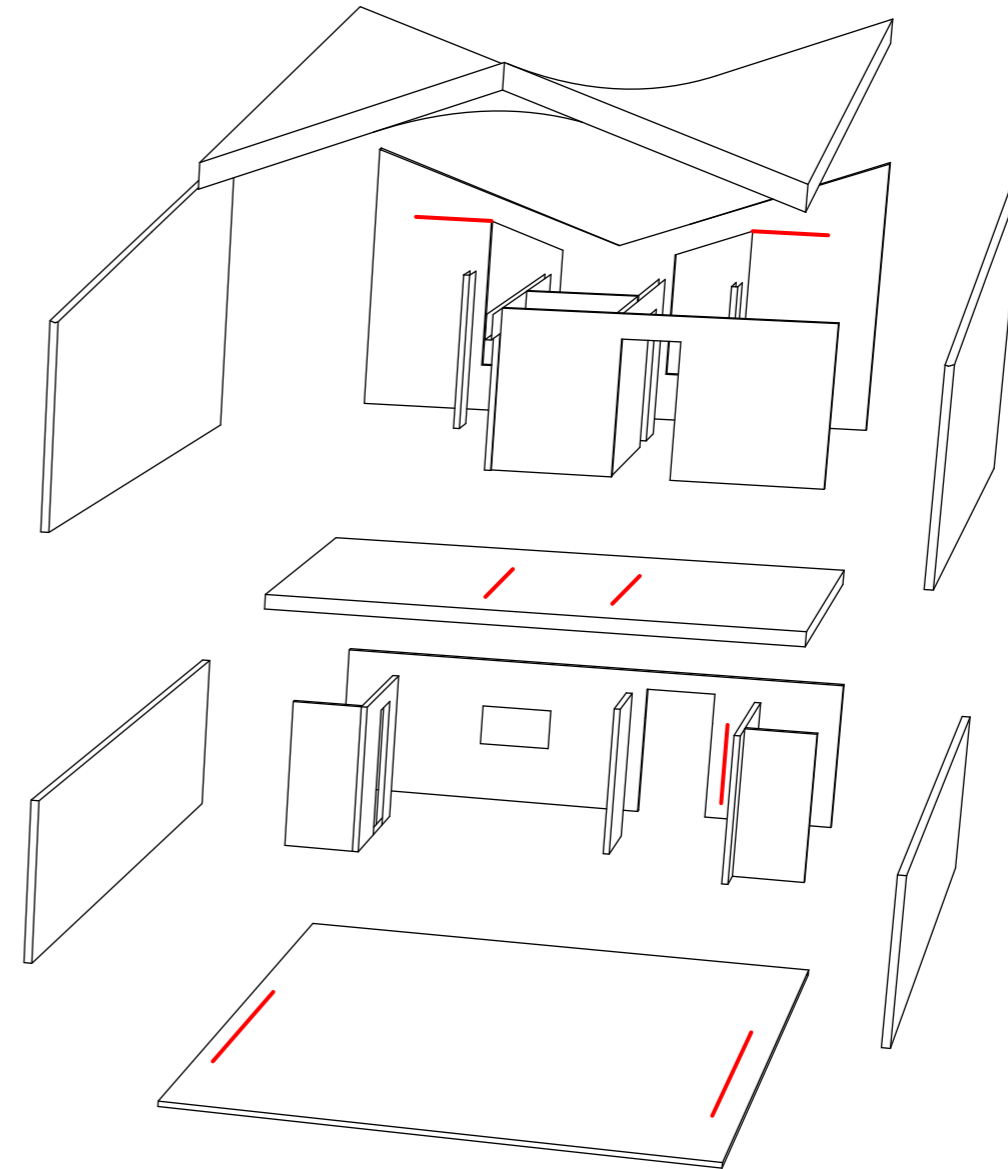




RECICLAJE DE AGUAS GRISES

Se desarrolla un sistema para el reciclaje de aguas grises. El uso del agua dulce en áreas insulares es muy preciada, por lo que se propone disminuir los recursos necesarios reutilizando el agua para los inodoros. El sistema comprende dos cañerías, una conectada con el agua del lavatorio y la otra, para el agua reciclada. Esta última va directamente a un tanque de reserva, y en caso de que ésta no sea suficiente para el uso del inodoro, mediante un dispositivo se pone en uso el agua del lavabo.

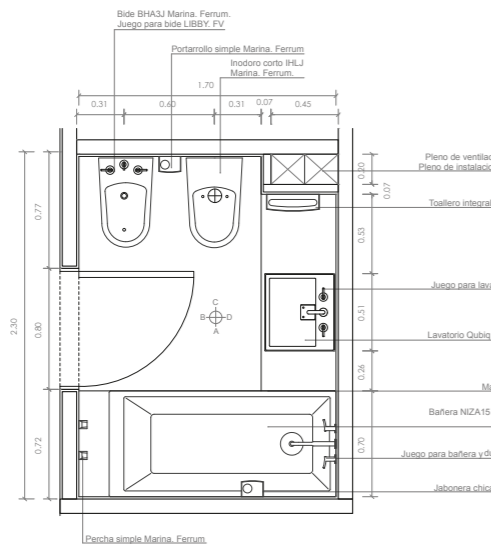
Fuente: <http://www.aqussystem.com>



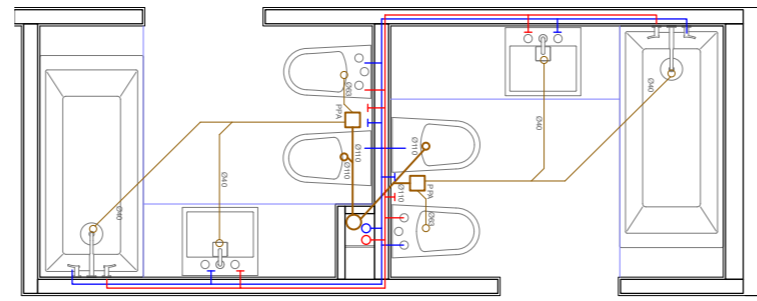
SISTEMA DE REJILLAS

En la búsqueda por conservar una buena temperatura interior dentro de los departamentos, se han tomado ciertas decisiones con respecto a la ventilación de los ambientes: utilizar una cubierta blanca que absorba la menor cantidad de radiación solar posible, crear ventanas en todos los ambientes para una mejor ventilación interna y generar un sistema de rejillas en forjados y paredes: cuanto más permeables sean las losas y fachadas, mejor será el control interno de la humedad.

Las rejillas en el forjado de la primera planta resultan de gran importancia ya que reciben el aire frío producto de la planta baja libre, refrescando toda la doble altura y sirviendo para equilibrar el calentamiento generado por los grandes ventanales en la fachada nor-este. Las rejillas ubicadas en el entrepiso y en la fachada sur-oeste generarán un intercambio continuo del aire interior. De este modo, se busca reducir la cantidad de ventilación artificial dentro de la vivienda y así reducir también costos.

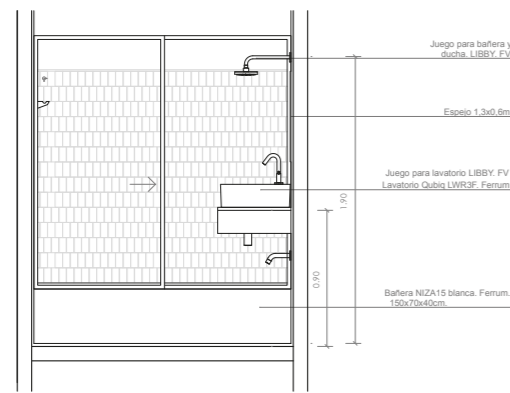


PLANTA BAÑO

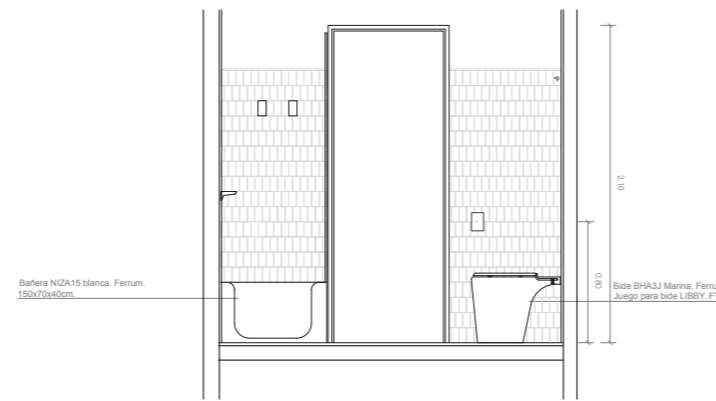


- Montante de agua fría.
- Montante de agua caliente.
- Desagüe ramal primario.
- Desagüe ramal secundario.

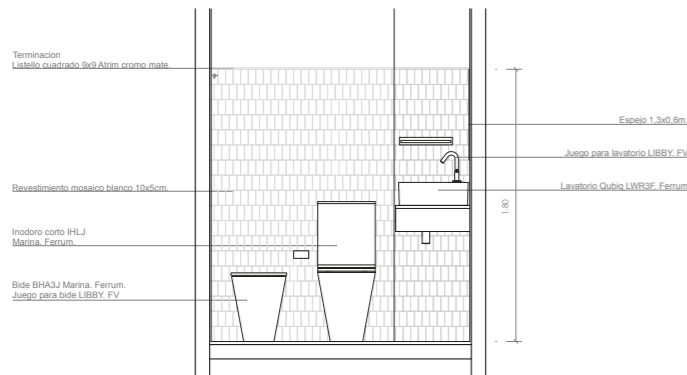
DETALLE SANITARIAS.
ESC: 1.50



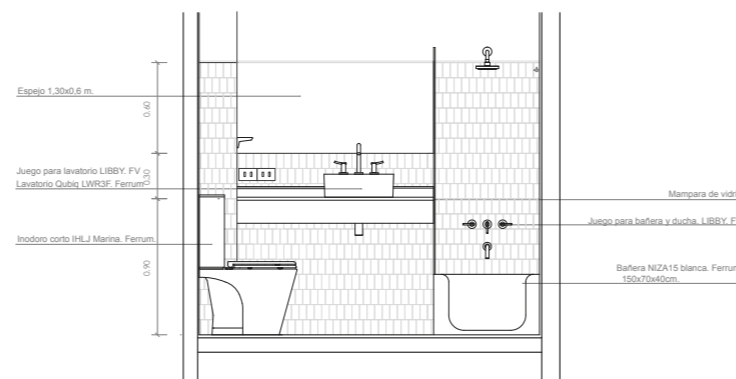
A



B

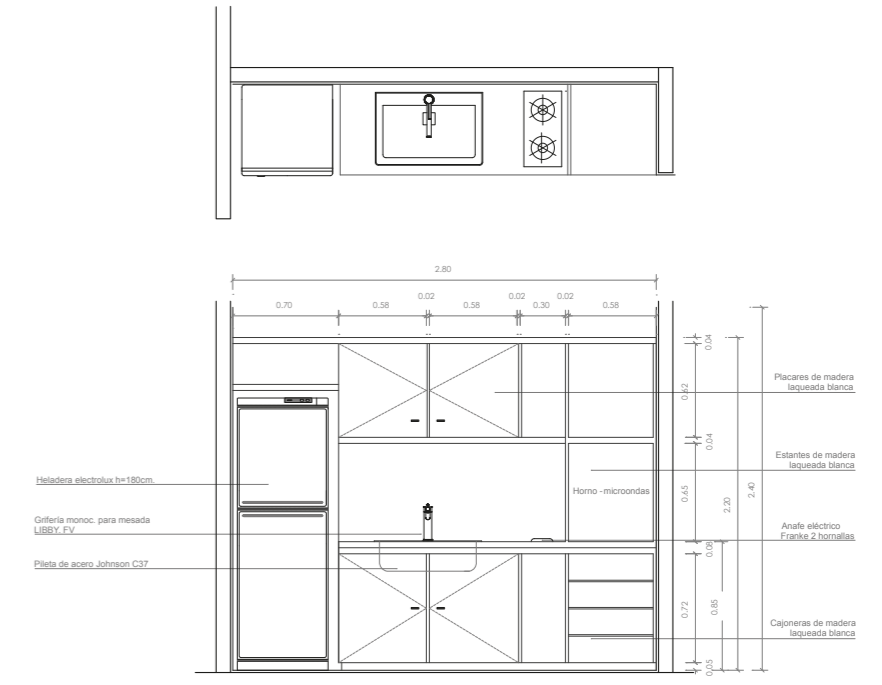


C

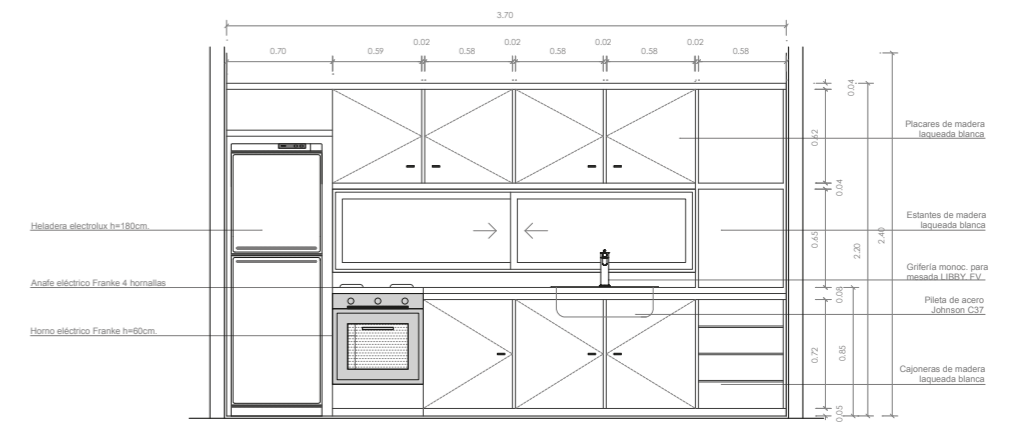
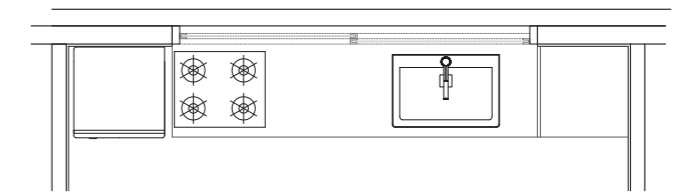


D

DETALLE BAÑO.
ESC: 1.50

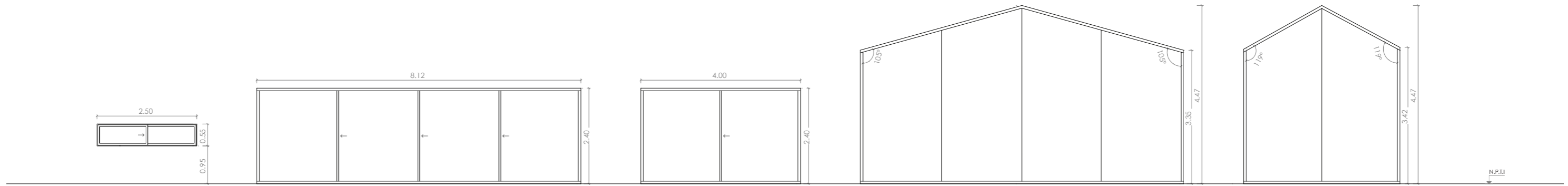


COCINA UNIDAD MODULO 4M



COCINA UNIDAD MODULO 8.12M

DETALLE COCINA.
ESC: 1.50



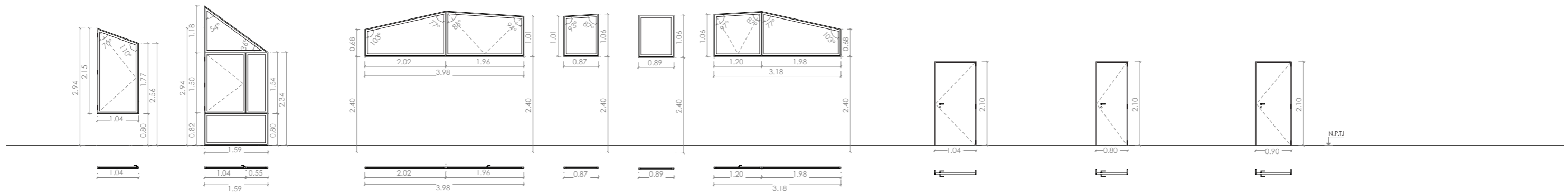
Tipo	V1
Ubicación	Cocinas módulo 8.12m.
Cantidad	07
Apertura	Ventana corrediza
Mosquetero	Si
Vidrio	DVH
Marco	Aluminio
Hojas	2
Herrajes	---

Tipo	V2
Ubicación	Estar módulo 8.12m.
Cantidad	07
Apertura	Ventana corrediza
Mosquetero	Si
Vidrio	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new 4 hojas
Hojas	4
Herrajes	---

Tipo	V3
Ubicación	Estar módulo 4m.
Cantidad	06
Apertura	Ventana corrediza
Mosquetero	Si
Vidrio	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new 2 hojas
Hojas	2
Herrajes	---

Tipo	V4
Ubicación	Estar módulo 8.12m.
Cantidad	07
Apertura	Ventana paño fijo
Mosquetero	No
Vidrio	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new paño fijo
Hojas	4
Herrajes	---

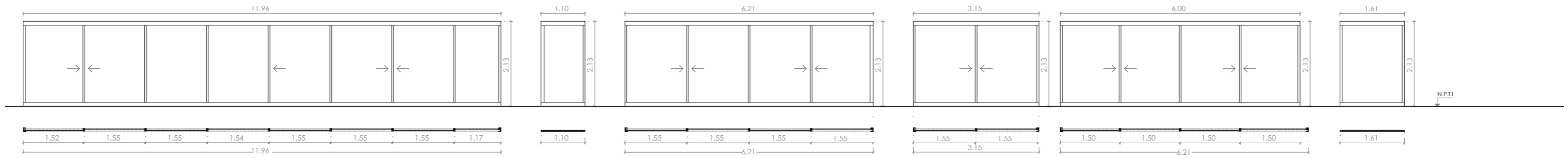
Tipo	V5
Ubicación	Estar módulo 4m.
Cantidad	06
Apertura	Ventana paño fijo
Mosquetero	No
Vidrio	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new paño fijo
Hojas	2
Herrajes	---



Tipo	V6	V7
Ubicación	Habitación módulo 8.12m.	Habitación módulo 4m.
Cantidad	14	06
Apertura	Ventana de abrir 1 hoja	Ventana de abrir 1 hoja. Paño fijo 3 hojas.
Mosquetero	Si	Si
Vidrio	DVH	DVH
Marco	Aluminio	Aluminio
Hojas	1	4
Herrajes	Aluminio	Aluminio

Tipo	V8	V9	V10	V11
Ubicación	Corredor / Habitación módulo 8.12m.	Corredor / Habitación módulo 8.12m.	Corredor / Habitación módulo 8.12m.	Corredor / Habitación módulo 8.12m.
Cantidad	10	04	04	04
Apertura	1 Ventana de proyección / 1 paño fijo	paño fijo	paño fijo	1 Ventana de proyección / 1 paño fijo
Mosquetero	No	No	No	No
Vidrio	Vidrio simple hoja	Vidrio simple hoja	Vidrio simple hoja	Vidrio simple hoja
Marco	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio
Hojas	2	1	1	2
Herrajes	Aluminio	---	---	Aluminio

Tipo	P1	P2	P3
Ubicación	Exterior. Entrada	Baños, servicio	Habitaciones
Cantidad	15	41	17
Apertura	Derecha	Derecha	Derecha
Mosquetero	No	Mosquetero	No
Vidrio	---	Vidrio	---
Marco	Aluminio	Marco	Aluminio
Hojas	1. Puerta de placa enchapada de madera natural 40mm	Hojas	1. Puerta de placa enchapada de madera natural 40mm
Herrajes	Aluminio	Herrajes	Aluminio

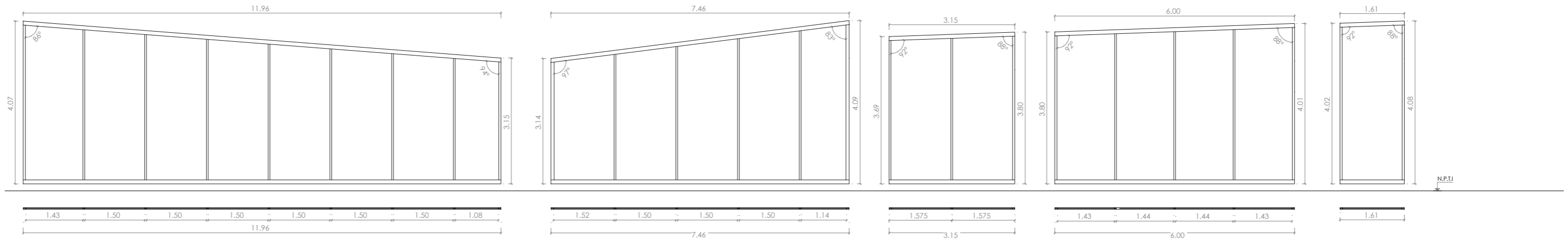


Tipo	V12
Ubicación	Barilestar común
Cantidad	01
Apertura	Ventana corrediza
Mosquitero	SI
Vidrio	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new 4 hojas
Hojas	8
Herrajes	---

Tipo	V13	V14
Ubicación	Barilestar común	Barilestar común
Cantidad	01	01
Apertura	Ventana paño fijo	Ventana corrediza
Mosquitero	No	SI
Vidrio	DVH 5+5	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new paño fijo	Aluminio tipo Aluar A30 new 4 hojas
Hojas	1	4
Herrajes	---	---

Tipo	V15
Ubicación	Barilestar común
Cantidad	01
Apertura	Ventana corrediza
Mosquitero	SI
Vidrio	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new 2 hojas
Hojas	2
Herrajes	---

Tipo	V16	V17
Ubicación	Barilestar común	Barilestar común
Cantidad	01	01
Apertura	Ventana corrediza	Ventana paño fijo
Mosquitero	SI	No
Vidrio	DVH 5+5	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new 4 hojas	Aluminio tipo Aluar A30 new paño fijo
Hojas	4	1
Herrajes	---	---

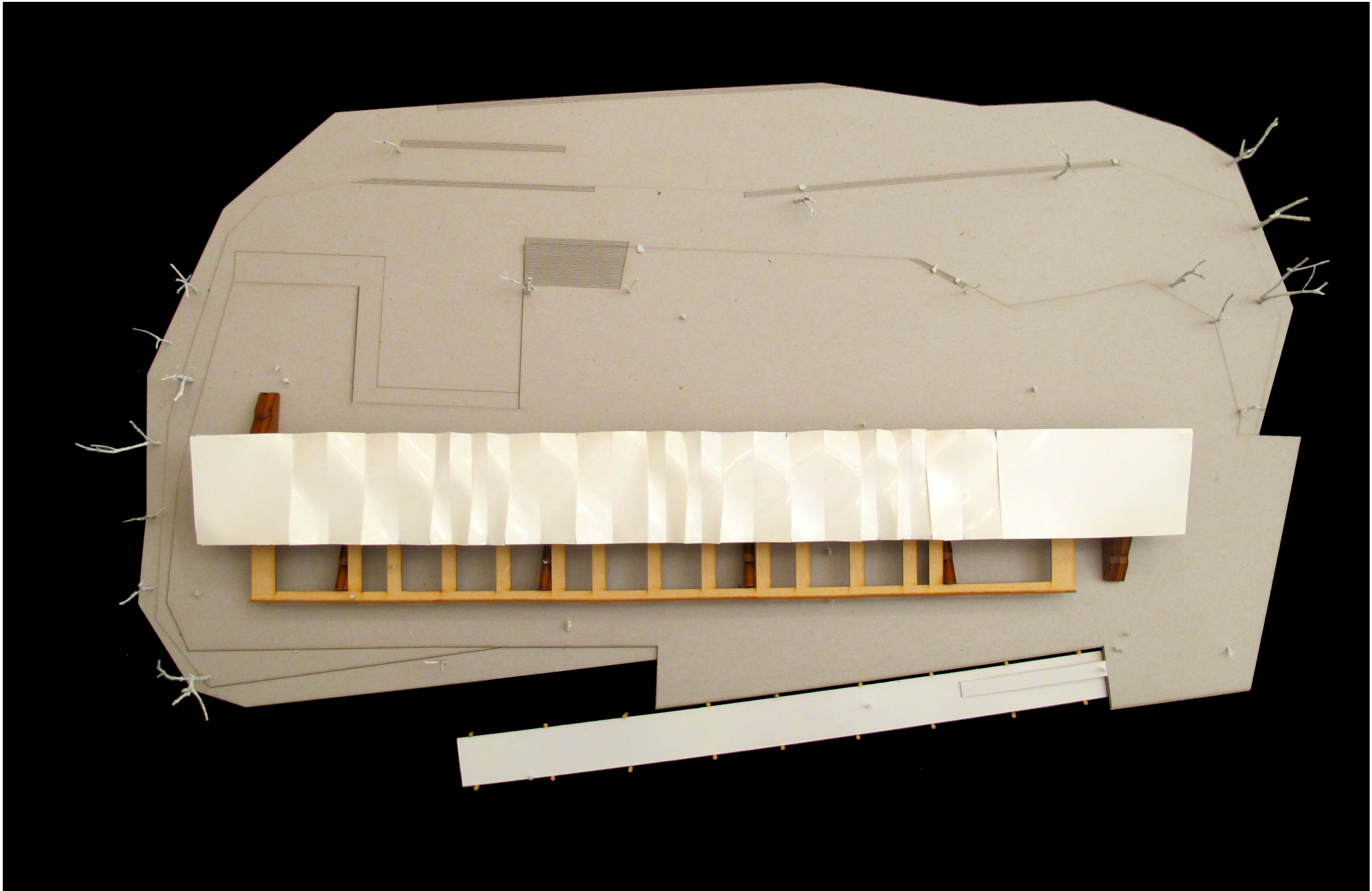


Tipo	V18
Ubicación	Barilestar común primer piso
Cantidad	01
Apertura	Ventana paño fijo
Mosquitero	No
Vidrio	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new paño fijo
Hojas	8
Herrajes	---

Tipo	V19	V20	V21
Ubicación	Barilestar común primer piso	Barilestar común primer piso	Barilestar común primer piso
Cantidad	01	01	01
Apertura	Ventana paño fijo	Ventana paño fijo	Ventana paño fijo
Mosquitero	No	No	No
Vidrio	DVH 5+5	DVH 5+5	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new paño fijo	Aluminio tipo Aluar A30 new paño fijo	Aluminio tipo Aluar A30 new paño fijo
Hojas	5	2	4
Herrajes	---	---	---

Tipo	V22
Ubicación	Barilestar común primer piso
Cantidad	01
Apertura	Ventana paño fijo
Mosquitero	No
Vidrio	DVH 5+5
Marco	Aluminio tipo Aluar A30 new paño fijo
Hojas	1
Herrajes	---

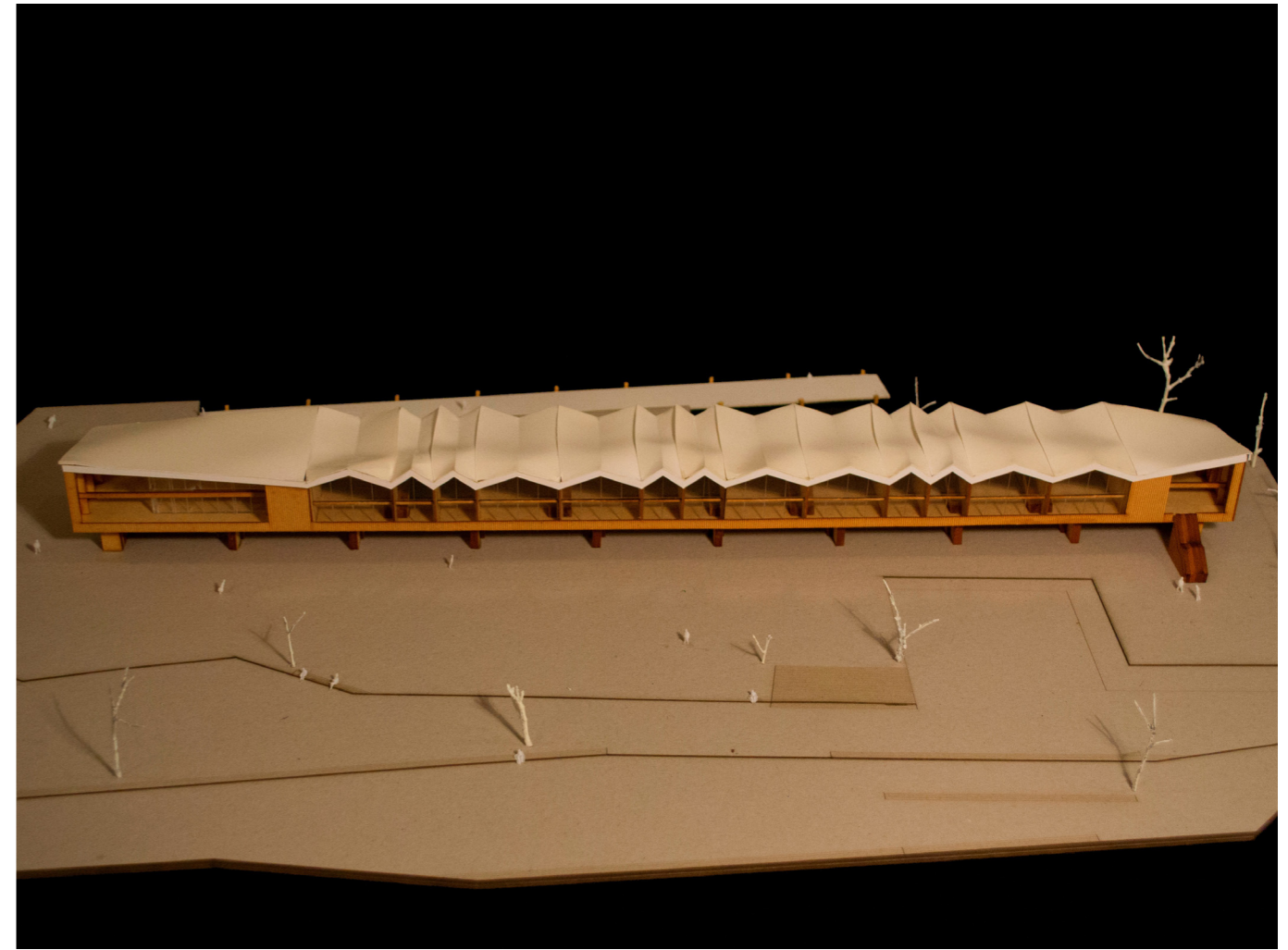
MAQUETAS_



MAQUETA GENERAL
ESC: 1.200



MAQUETA GENERAL
ESC: 1.200



MAQUETA GENERAL
ESC: 1.200



MAQUETA DETALLE
ESC: 1.20



MAQUETA DETALLE
ESC: 1.20

BIBLIOGRAFIA_

LIBROS

- _ A. Gibb, *Off-site Fabrication: Prefabrication, Pre-assembly, Modularization* Wiley, Nueva York, Estados Unidos, 1999.
- _ Abel, Chris, *Architecture, technology and process*, Architectural Press, Inglaterra, 2004.
- _ Almulla, Ahmed et al, *Prefab city: A compendium of strategies for prefabricated building techniques in urban environments*, Tesis Northeastern University, Estados Unidos, 2010.
- _ Anderson, Anderson, *Prefab Prototypes: site specific design for offsite construction*, Princeton, Architecture Press, Estados Unidos, 2007.
- _ Arieff, Allison y Burkhart, Brian, *Prefab*, Gibbs Smith, Estados Unidos, 2002.
- _ Benévolo, Leonardo, *Historia de la Arquitectura Moderna*, Gili, Barcelona, España, 1974.
- _ Bergdoll, Christensen, *Home delivery: fabricating the Modern Dwelling*, Nueva York: MOMA, Estados Unidos, 2008.
- _ Clouston, Kinoshita, Schreiber, *Without a Hitch – New directions in prefabricated architecture*, Universidad de Massachusetts, Boston, Estados Unidos, 2009.
- _ Davies, Collin, *Prefabricated Home*, Reaktion Books, Inglaterra, 2005.
- _ Eekhout et al, *Concept House: Towards customised industrial housing*, Delft University of Technology, Delft, Holanda, 2005.
- _ Fundación Metropolitana, *Código de Edificación de Tigre, Normativa de Construcciones para el Delta de Tigre*, Argentina, 2013.
- _ Galindo, Michelle, *Wood: architecture & design*, Braun, Suiza, 2012.
- _ Gartman, David, *From autos to architecture*, Princeton Architectural Press, Nueva York, Estados Unidos, 2009.
- _ Giedion, Sigfried: *Space, Time and Architecture: the growth of a new tradition*, Harvard University Press, Boston, Estados Unidos, 1941.
- _ Hitchcock, Henry-Russell: *Architecture: Nineteenth and Twentieth Centuries*, Penguin Books, Nueva York, Estados Unidos, 1958.
- _ Kieran, Timberlake, *Refabricating Architecture*, McGraw-Hill, Nueva York, Estados Unidos, 2003.
- _ Montaner, Josep María, *Después del movimiento moderno: arquitectura de la segunda mitad del siglo XX*, GG, España, 2009.
- _ Pereyra, Nabel, *El paisaje natural: bajo las calles de Buenos Aires*, Macn, Buenos Aires, Argentina, 2002.
- _ Smith, Ryan, *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*, Wiley, Estados Unidos, 2010.
- _ Wachsmann, Konrad, *Building the wooden house*, Birkhäuser, Basilea, Suiza, 1995.

REVISTAS

- _ Dearq, *Revista de Arquitectura de la Universidad de los Andes*, Colombia, Julio, 2010.
- _ Detail, *Timber Construction Vol. 2012.2*, Munich, Alemania 2012.
- _ Dwell Magazine, *A look back to Habitat '67 with Moshe Safdie*, Quebec, Canadá, Diciembre/Enero, 2013.
- _ *Revista PLOT edición especial número 3*, Buenos Aires, Argentina, 2013.
- _ *Revista Summa número 61*, Buenos Aires, Argentina, 1973.
- _ *Revista Summa número 85*, Buenos Aires, Argentina, 1975.
- _ *Tectónica número 38*, España, Julio 2012.
- _ *The Illustrated London News*, Inglaterra, 6 de Julio, 1850.

TRABAJOS MONOGRÁFICOS

- _ Ballent, Anahí, "Country life: los nuevos paraísos, su historia y sus profetas", en Block No 2, Universidad Torcuato Di Tella, Buenos Aires, Argentina, 1998.
- _ Bejder, Anne Kirkegaard, Aesthetics of cross laminated timber, DCE Thesis no. 35, Aalborg University, Aalborg, Dinamarca, 2012.
- _ Buntrock, D., Japanese Architecture as a Collaborative Process: Opportunities in a Flexible Construction Culture, Spon Press, Londres, Inglaterra, 2002.
- _ Cruz López, Caño Gochi, Construcción y arquitectura industrial para el siglo XXI: un análisis preliminar, Universidad de la Coruña, España, 2001.
- _ Falk, Andreas, Architectural aspects of massive timber: Structural form and systems, Luleå, Suecia, 2005.
- _ Frier, Marie, Interiority – Architecture in the future prefabricated home, Skriftserie 44, Aalborg, Dinamarca, 2010.
- _ Gomez Jauregui, V., Habidite: viviendas modulares industrializadas, Informes de la Construcción vol. 61, España, 2009.
- _ Kandus, Patricia et al, Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del Paraná, Wetlands International, Buenos Aires, Argentina, 2010.
- _ Karacabeyli, E., Douglas, B., CLT Handbook, FP Innovations, Estados Unidos, 2012.
- _ Lend Lease, FORTÉ. Creating the world's tallest CLT apartment building, Australia, 2013.
- _ Mohammad, M., Connections in CLT Assemblies, Cross Laminated Timber Symposium Vancouver, FP Innovations, Vancouver, Canadá, Febrero 2011.
- _ Newton, Clare, Learning through prefabrication, Sheffield Hallam University, Inglaterra, 2008.
- _ Perez, Christian Escrig, Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, 2012.
- _ Salas, J., De los sistemas de prefabricación cerrada a la industrialización sutil de la edificación: algunas claves del cambio tecnológico, Informes de la Construcción vol. 60, España, 2008.
- _ Schmitt Rivera, Cristián, Expanding opportunities for mid-rise buildings in Chile through the application of timber panel systems, master of advanced studies in architecture, University of British Columbia, Canadá, 2012.

EJEMPLOS CONSTRUIDOS UTILIZADOS

PREFABRICACIÓN

- _ 24 Murray Grove, Waugh Thistleton Architects, Londres, Inglaterra, 2009.
- _ Cellophane House, Kieran Timberlake, Estados Unidos, 2008.
- _ Chameleon House, Anderson anderson Architects, Nueva York, Estados Unidos, 2006.
- _ Habitat '67, Moshe Safdie, Canadá, 1962 – 1967.
- _ Keetwonen, Architectenburo JMW & Tempohousing, Holanda, 2006.
- _ Maison Tropicale, Jean Prouvé, Francia, 1949 – 1951.
- _ Metastadt-Bausystem, Richard J. Dietrich, Alemania, 1972.
- _ Portable Colonial Cottage for emigrants, H. Manning, Estados Unidos, 1833.
- _ Sears Catalogue Homes, Sears, Roebuck & Co., Estados Unidos, 1908 – 1940.
- _ Stadthaus, Waugh Thistleton Architects, Londres, Inglaterra, 2009.
- _ The Lustron Home, Carl Strundlund, Estados Unidos, 1948.
- _ Torre Cápsula Nakagin, Kisho Kurokawa, Japón, 1972.
- _ Wichita House, Busckminster Fuller, Estados Unidos, 1944.

MADERA CONTRALAMINADA

- _ Bridport House, Karakusevic Carson, Londres, Inglaterra, 2011.
- _ Casa 205, H Arquitectes, Barcelona, España, 2007.
- _ Ex House, GarcíaGermán Arquitectos, Segovia, España, 2012.
- _ Forté, Melbourne, Australia, 2013.
- _ Hameau de Plantoun, Agence Bernard Bühler, Bayonna, Francia, 2009.
- _ House of Would, Elii, Madrid, España, 2011.
- _ Limnologen, Ola Malm, ArkitektBolaget, Suecia, 2008.
- _ Mo house, FRPO, Madrid, España, 2012.
- _ Naked House, dRMM, Londres, Inglaterra, 2006.
- _ Via Cenni, Promolegno, Milán, Italia, 2012.
- _ Whitmore Road, Waugh Thistleton Architects, Londres, Inglaterra, 2011.

INTERNET

_ Future of the construction industry: Prefab vs Conventional Construction (8 de Noviembre 2011). Wordpress. Consultado: 15 diciembre 2013.

Dirección de URL: <http://aamenyah.wordpress.com/2011/11/08/future-of-the-construction-industry-prefab-vs-conventional-construction/>

_ Kandus et al (2006) Patrones de paisaje y biodiversidad del Bajo Delta del Río Paraná. Mapa de Ambientes. Consultado: 8 de Octubre 2013.

Dirección de URL: <http://www.ambiente.gov.ar/default.asp?IdArticulo=5505>

_ Mirás, Marta, Arquitectura y paisaje: las viviendas del Bajo Delta insular del Río Paraná, Argentina. Consultado: 6 de Octubre 2013.

Dirección de URL: <http://www.iaa.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/2011/09/0170.pdf>

_ Peralta, Elena (Septiembre 2013). Plan de manejo del Delta del Tigre. Consultado: 8 de Octubre 2013.

Dirección del URL: www.arq.clarin.com/urbano/salvar-ecosistema-peligro_0_814118803.html

_ Pich-Aguilera et al (2008) La arquitectura residencial como una realidad industrial. Tres ejemplos recientes, Informes de la Construcción vol. 60. Consultado: 20 de Abril 2013.

Dirección de URL: http://www.researchgate.net/publication/26569102_La_arquitectura_residencial_como_una_realidad_industrial._Tres_ejemplos_recientes

_ Plan Integral del Manejo del Delta (20 de Mayo 2011). Consultado: 8 de Octubre 2013.

Dirección de URL: <http://www.hcd.tigre.gov.ar/index.php/plan-integral-de-manejo-del-delta.html>

-Sylvester, Michael (Febrero 2009). An introduction to prefab. Consultado: 10 diciembre 2013. Dwell Magazine

Dirección de URL: <http://www.dwell.com/design-101/article/introduction-prefab>

_ www.aqussystem.com

_ www.crosslamsolutions.com

_ www.cttmadera.cl

_ www.detail.com

_ www.egoin.com

_ www.fpinnovations.ca

_ www.klh.at

_ www.masstimber.com

_ www.moma.org

_ www.naturallywood.com

_ www.nordicewp.com

_ www.pomera.com.ar

_ www.storaenso.com

_ www.structurlam.com

_ www.woodsolutions.com.au

_ www.woodworks.org

_ www.cstinovations.ca

